

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Ověření rychlostních charakteristik vybraných osobních
automobilů

Speed Characteristics Verification of Selected Vehicle

Student:

Bc. Martin Szlosek

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Michal Richtář

Ostrava 2011

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Szlosek**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie

Specializace: 20 Silniční doprava

Téma: **Ověření rychlostních charakteristik vybraných osobních automobilů**
Speed Characteristics Verification of Selected Vehicle

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je experimentálně ověřit a s pomocí vhodných nástrojů vyhodnotit charakteristiky vybraných osobních automobilů. Součástí řešení je sestavení metodiky ověření a následně vlastní experimentální měření na válcové výkonové zkušebně. Výsledky měření budou podrobeny statistickému vyhodnocení.

Osnova diplomové práce:

1. Úvod
2. Problematika měření výkonu motoru
3. Sestavení metodiky zkoušek
4. Statistické nástroje pro vyhodnocení
5. Experimentální měření a vyhodnocení
6. Závěry a doporučení

Seznam doporučené odborné literatury:

Matějka, R. Vozidla silniční dopravy I, Bratislava: ALFA Bratislava, 1990, ISBN 80-05-00392-7
Matějka, R. Vozidla silniční dopravy II, Bratislava: ALFA Bratislava, 1990, ISBN 80-05-00392-7
Svoboda, J.. Teorie dopravních prostředků, Praha: ČVUT Praha, 2000, ISBN 80-01-01613-7

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Richtář**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Bc. Martin Szlosek

Bohumíra Četyny 8

700 30 Ostrava - Bělský les

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

SZLOSEK, M. *Ověření rychlostních charakteristik vybraných osobních automobilů: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2011, 90s. Vedoucí práce: Richtář, M.

Cílem práce je experimentálně ověřit a s pomocí vhodných nástrojů vyhodnotit charakteristiky vybraných osobních automobilů. Součástí řešení je sestavení metodiky ověření a následně vlastní experimentální měření na válcové zkušebně. Výsledky měření budou podrobeny statistickému vyhodnocení.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

SZLOSEK, M. *Speed Characteristics Verification of Selected Vehicle: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering. Institute of Transportation, 2011, 90p. Thesis head: Richtář, M.

The aim is to experimentally verify and analyse characteristics of selected vehicles with suitable instruments. A part of solution is assorting of methodic of attestation and then own experimental measurement in dynamometric test-room. The results will be subjected to a statistic evaluation.

Seznam zkratek:

DIN - zkratka normy (Deutsches Institut für Normung)

DMI - dolní mezní interval

ECE-R- zkratka směrnice (Economic Commission for Europe Regulation)

EHS - zkratka směrnice (Evropské Hospodářské Společenství)

ISO - zkratka normy (International Organisation for Standardization)

HMI - horní mezní interval

Mk - točivý moment

Mmax - maximální točivý moment

Pmax - maximální výkon

TP - třída přesnosti

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Problematika měření výkonu motoru.....	10
2.1 Vlastnosti a parametry motoru	10
2.2 Přenos výkonu na kola vozidla	13
2.3 Korigování výkonů dle předpisů a norem.....	13
2.4 Hnací síla přivedená na kola	13
2.5 Odporů působící proti pohybu vozidla.....	15
2.5.1 Pohybová rovnice.....	15
2.5.2 Odpor sklonu.....	16
2.5.3 Odpor valení.....	17
2.5.4 Odpor vzduchu	17
2.5.5 Odpor zrychlení	18
2.6 Hnací ústrojí.....	19
2.6.1 Hnací síla vozidla.....	19
2.6.2 Spolupráce motoru a převodového ústrojí	21
2.7 Charakteristika hnací síly na kolech vozidla.....	22
3 Sestavení metodiky zkoušek.....	24
3.1 Zkušebna MAHA LPS 2000	24
3.1.1 Komunikační pult s barevnou obrazovkou	25
3.1.2 Dálkové ovládání	25
3.1.3 Sada válců	27
3.1.4 Modul rozhraní.....	28
3.1.5 Tiskárna.....	30
3.1.6 Ventilátor	31
3.2 Podmínky při měření.....	31
3.3 Postup měření.....	32
3.3.1 Ustavení vozidla a příprava na měření.....	32
3.3.2 Měření	32
4 Statistické nástroje pro vyhodnocení	35
4.1.1 Standardní nejistota typu A.....	35

4.1.2	Standardní nejistota typu B	37
4.1.3	Kombinovaná standardní nejistota	38
4.2	Grafické vyhodnocení zpracovaných výsledků	39
4.2.1	Graf maximálního výkonu	39
4.2.2	Graf maximálního točivého momentu	39
4.2.3	Průběh výkonu motoru	39
4.2.4	Průběh točivého momentu	40
4.2.5	Hodnoty HMI a DMI pro průběh výkonu	40
4.2.6	Hodnoty HMI a DMI pro průběh točivého momentu	40
5	Experimentální měření a vyhodnocení	41
5.1	Hyundai i30 1.6 CVVT	42
5.2	Hyundai i30 1.6 CVVT (2)	50
5.3	Hyundai i30 2.0CRDi	54
5.4	Kia Venga 1.6 CVVT	58
5.5	Peugeot 207 1.4 8V	62
5.6	Peugeot 207 1.4 HDI	66
5.7	Peugeot 307 1.6 16V	70
5.8	Peugeot 307 SW 1.6HDI	74
5.9	Peugeot 807 2.0HDI	78
5.10	Citroen C4 1.6 16V	82
6	Závěr a doporučení	86
7	Zdroje	89
8	Přílohy	90

1 Úvod

Výkon motoru je důležitým parametrem pro dynamiku osobních automobilů. Výkon určuje dynamické vlastnosti a tím i aktivní bezpečnost vozidla. Výrobce deklarované hodnoty maximálního výkonu a jeho průběhu v závislosti na otáčkách motoru jsou směrodatnými údaji o parametrech motoru. Tyto parametry si lze ověřit několika způsoby, které nám ukážou, zda-li motor pracuje tak jak výrobce dokládá. Z tohoto důvodu se ve zkoušení vozidel provádějí kromě jízdních zkoušek také specializované zkoušky ve vozidlových zkušebnách. V těchto zkušebnách se mohou zjišťovat výkonové, funkční a brzdové vlastnosti automobilu. Princip spočívá v měření brzdného momentu, který známe (nebo jsme jej pomocí měřícího zařízení schopni zjistit), a který působí proti neznámému točivému momentu motoru.

Cílem mé práce bude provést zkoušky výkonu motoru na válcové zkušebně a jejich porovnání s údaji výrobce. Toto porovnání bude provedeno na základě statistického vyhodnocení naměřených údajů vozidel. Před samotným měřením sestavím metodiku, podle které se tato měření budou provádět a určím metody statistického vyhodnocení tak, aby výsledky byly co nejméně zatíženy statistickou chybou.

Měření bude provedeno na válcové zkušebně Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, která je umístěna v Ostravě – Vítkovicích v areálu Střední školy dopravní v Ostravě. Tato válcová zkušebna je výrobkem německé firmy MAHA Maschinenbau Haldenwang. Ve své práci uvedu popis této zkušebny a popis protokolů, které jsem měřením na této zkušebně získal.

2 Problematika měření výkonu motoru

Výkon motoru může být změřen v zásadě dvěma způsoby. První možností je demontáž celého motoru z automobilu a to včetně veškerých nutných zařízení pro jeho funkci. Následně je umístěn na motorovou zkušebnu, kde je připevněn na stojan a je provedeno samotné měření. Měří se výkon přímo na výstupní hřídeli motoru. Toto měření je však náročnější na práci a čas. Druhou možností je měření na válcové zkušebně, kde je měřen výkon na kolech automobilu a výpočtem pak dopočítán samotný výkon motoru. Toto měření není časově náročné a nevyžaduje demontáž motoru, proto je tato metoda používanější.

Měřicí zařízení bývala vybavena třecí brzdou jako zdrojem brzdného momentu. Později se tyto brzdy nahrazovaly hydraulickým zatěžovacím stavem. V dnešní době se používají asynchronní motory a rovněž motory na principu vířivých proudů, tzv. vířivý dynamometr.

2.1 Vlastnosti a parametry motoru

Pro popis vlastností motoru je základním parametrem točivý moment. Tento moment si lze představit jako sílu potřebnou pro zvednutí závaží na daném rameni. V případě zvedání závaží o hmotnosti 1 kg na rameni dlouhém 1 m bude tento moment síly pro případ, abychom závaží udrželi roven 9,81 Nm. Pokud budeme tímto závažím chtít otáčet, bude tento moment vyšší.

Vzorec pro výpočet točivého momentu:

$$M_k = F \cdot r \quad (2.1.1)$$

M_k – točivý moment [Nm]

F – síla [N]

R – délka ramena [m]

Točivý moment nám však nedává všechny potřebné informace o vlastnostech motoru. Důležitým údajem jsou otáčky, při kterých je tento točivý moment dosažen. Proto se jako doplňkový parametr používá výkon motoru.

Na stejném příkladu se závažím na rameni nám výkon udává, jak rychle budeme moci s tímto závažím otáčet. Výkon je prací odvedenou za čas, v případě spalovacího motoru je tedy vztah pro výkon motoru následující:

$$P = M_k \cdot n \cdot \frac{\pi}{30} \quad (2.1.2)$$

P – výkon motoru [W]
 M_k – točivý moment [Nm]
 n – otáčky motoru za minutu

Pokud budeme chtít, aby nám výkon motoru vyšel v jednotkách kW je potřeba tuto hodnotu vydělit tisícem. Pro zjednodušení lze však vypočítat koeficient, kterým budeme dělit součin točivého momentu a otáček motoru.

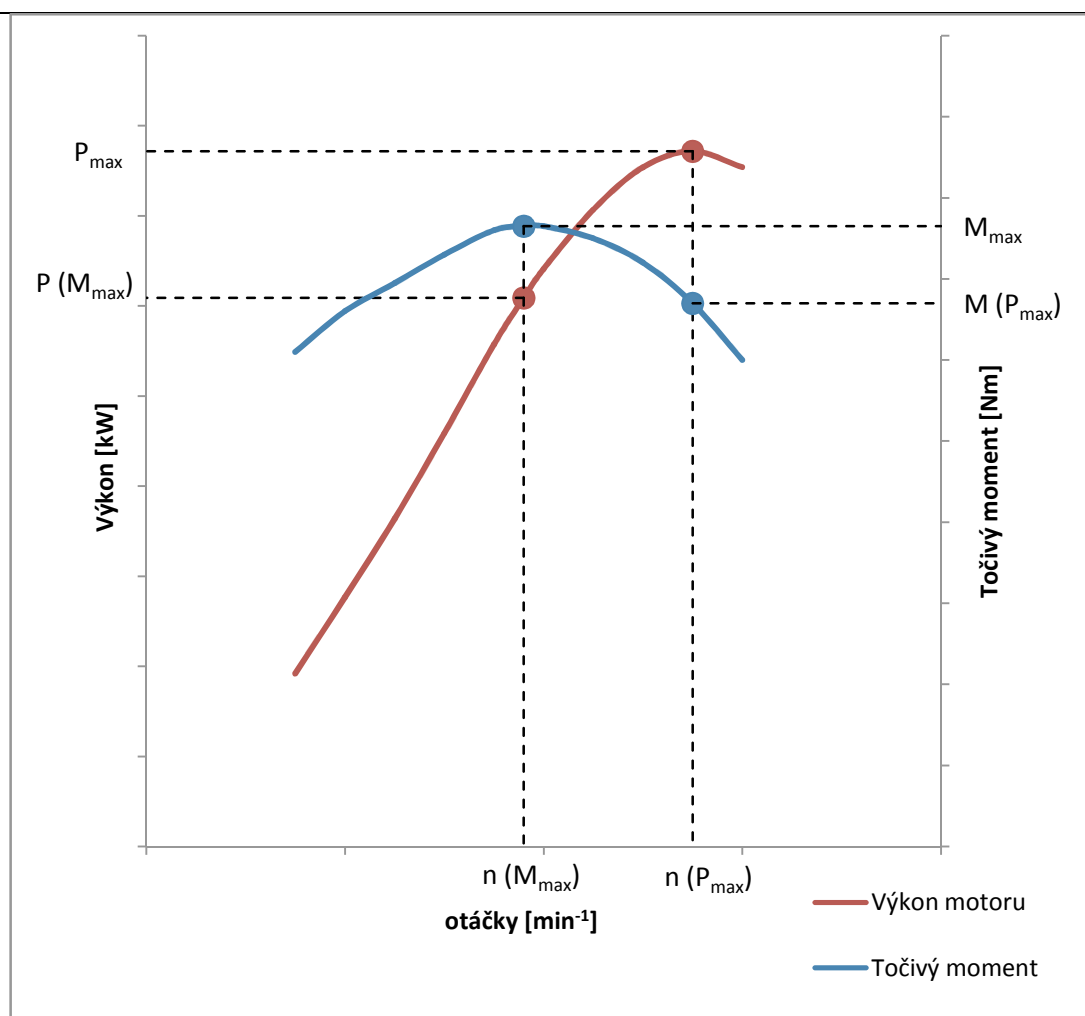
$$k = \frac{1000}{\frac{\pi}{30}} = 9549,29 \quad (2.1.3)$$

Pro naše výpočty zaokrouhlíme tuto hodnotu na 9549 a následný vzorec bude tedy vypadat následovně:

$$P = \frac{M_k \cdot n}{9549} \quad (2.1.4)$$

Ze vzorce je patrné, že výkon motoru při stejném točivém momentu bude tím vyšší, čím větších otáček bude motor dosahovat.

Po vykreslení průběhu točivého momentu a výkonu motoru do grafu dostaneme kompletní informace o jeho rychlostních charakteristikách. Tyto charakteristiky nám slouží pro určení jízdních parametrů vozidla. Z tohoto grafu lze také určit významné body v průběhu křivek. Tomuto grafu se říká vnější charakteristika spalovacího motoru.



Obr. 2.1.1: vnější charakteristika spalovacího motoru

Základními údaji, které lze z této charakteristiky vyčíst jsou následující hodnoty:

- P_{\max} – maximální výkon motoru [kW]
- M_{\max} – maximální točivý moment motoru [Nm]
- $P(M_{\max})$ – výkon při maximálním točivém momentu [kW]
- $M(P_{\max})$ – točivý moment při maximálním výkonu [Nm]
- $n(M_{\max})$ – otáčky motoru při maximálním točivém momentu [min^{-1}]
- $n(P_{\max})$ – otáčky motoru při maximálním výkonu [min^{-1}]

Na zobrazené charakteristice (Obr. 2.1.1.) je názorně vidět, že i přes snižující se hodnotu točivého momentu od bodu M_{\max} se výkon díky rostoucím otáčkám nadále zvyšuje. K poklesu výkonu dojde až tehdy, kdy je již pokles točivého momentu značný.

Pro jízdní dynamiku vozidla je také zajímavé rozdělení průběhu točivého momentu na stabilní a labilní větev. Labilní větev se nachází vlevo od M_{\max} , kde při snižujících se otáčkách klesá točivý moment motoru. Stabilní větev se nachází vpravo od hodnoty M_{\max} , kde se při snižujících otáčkách zvyšuje točivý moment motoru. Toto rozdělení platí při plném zatížení motoru.

2.2 Přenos výkonu na kola vozidla

Výkon motoru se přes převodové ústrojí převádí na kola automobilu. V převodovém ústrojí však vlivem tření a setrvačností rotujících hmot vznikají ztráty. Tyto ztráty nám snižují hodnoty maximálního výkonu, který jsme schopni přenést na kola. Při měření výkonu na motorové brzdě tyto ztráty nevznikají, protože motor není připojen k převodovému ústrojí. V případě, že se pro měření použije válcová zkušebna, kde se měří výkon na kolech vozidla, je součástí měření i zjišťování tohoto ztrátového výkonu. V našem případě je toto měření prováděno doběhem vozidla do klidu. Po tomto měření se pak ztrátový výkon připočte k výkonu naměřenému na kolech.

2.3 Korigování výkonů dle předpisů a norem

Vzhledem k možným nestejným podmínkám při měření výkonu je potřeba naměřené hodnoty přepočítat pomocí vzorců tak, aby tyto hodnoty měly jasnou vypovídací hodnotu. Výkon motoru není za všech podmínek konstantní. Vliv na funkci motoru mají následující hodnoty:

- Teplota nasávaného vzduchu (čím vyšší teplota, tím nižší výkon)
- Tlak vzduchu (čím nižší tlak, tím nižší výkon)
- Vlhkost vzduchu (čím vyšší vlhkost, tím vyšší výkon)

V další kapitole bude popsána mnou zvolená norma pro výpočet korigovaného výkonu.

2.4 Hnací síla přivedená na kola

Síla vytvořená spalovacím motorem se přes převodové ústrojí převádí na kola automobilu.

Síla na kolech je dána momentem momentu na ně přivedené a poloměrem kola.

$$F_k = \frac{M_K}{r} [N] \quad (2.4.1)$$

F_k – síla na kolech [N]

M_k – moment přivedený na kola [Nm]

R – poloměr kola [m]

Moment přivedený na kola je dán součinem momentu vytvořeného motorem, celkovým převodem převodového ústrojí a jeho účinností:

$$M_K = M_m \cdot i_c \cdot \eta_c [Nm] \quad (2.4.2)$$

M_k – moment přivedený na kola [Nm]

M_m – moment motoru [Nm]

i_c – celkový převod [-]

η_c – účinnost převodového ústrojí [-]

Celkový vzorec pro výpočet hnací síly na kolech:

$$F_k = \frac{M_m \cdot i_c \cdot \eta_c}{r} [N] \quad (2.4.3)$$

Účinnost se u převodových ústrojí používaných v osobních automobilech pohybuje kolem hodnoty $\eta = 0,9$ až $0,93$.

Celkový převodový poměr se spočítá na základě známých převodových poměrů převodovky a převodového poměru rozvodovky.

$$i_c = i_p \cdot i_r [-] \quad (2.4.4)$$

i_c – celkový převodový poměr

i_p – převodový poměr převodovky

i_r – převodový poměr rozvodovky

Rozsah převodovky se spočítá jako podíl nejvyššího a nejnižšího převodového stupně.

$$\delta = \frac{i_{\max}}{i_{\min}} [-] \quad (2.4.5)$$

i_{\max} – maximální převodový poměr

i_{\min} – minimální převodový poměr

2.5 Odpory působící proti pohybu vozidla

Při pohybu vozidla vznikají síly, které působí proti tomu pohybu. Pro překonání těchto odporů je potřeba použít motor o dostatečné síle tak, aby tyto odpory byly překonány.

2.5.1 Pohybová rovnice

Pohybová rovnice nám určuje sílu potřebnou na kolech pro překonání všech odporů působících proti pohybu vozidla. V případě ustálené rychlosti se v této rovnici vyskytuje odpor sklonu, odpor valení a odpor vzduchu. Při požadavku na zrychlení se do vztahu dostává odpor zrychlení, který brání zrychlování vozidla.

$$F_k = O_s + O_f + O_v + O_a \quad (2.5.1.1)$$

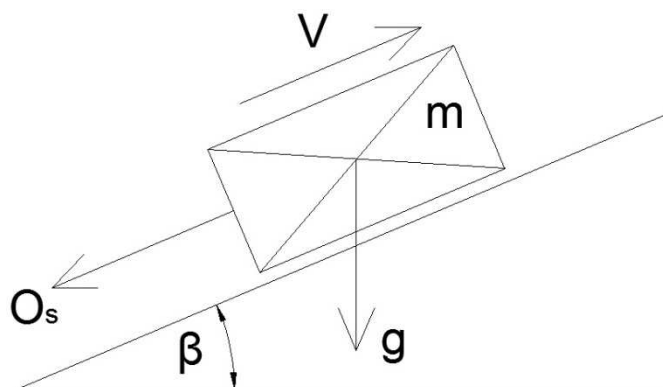
O_s – odpor sklonu

O_f – odpor valení

O_v – odpor vzduchu

O_a – odpor zrychlení

2.5.2 Odpor sklonu



Obr. 1.5.2.1: Síly působící na vozidlo na svahu

- O_s – odpor stoupání [N]
 β – úhel stoupání [°]
 g – gravitační zrychlení [m.s^{-2}]
 m – hmotnost vozidla [kg]
 v – rychlost vozidla

Výpočet hnací síly při jízdě po sklonu:

$$F_{st} = m \cdot g \cdot \sin\beta \quad (2.5.2.1)$$

Dále je možno vypočítat potřebný stoupavý výkon pro pohyb po sklonu danou rychlostí:

$$P_A = \frac{O_s \cdot V}{3600} [\text{kW}] \quad (2.5.2.2)$$

- P_A – vypočítaný výkon motoru [kW]
 O_s – odpor sklonu [N]
 V – rychlost vozidla [km.h^{-1}]

2.5.3 Odpor valení

Vzniká při odvalování kol po podložce. V praxi pro osobní automobily je jeho velikost konstantní do rychlosti 80 km.h^{-1} , poté stoupá.

$$O_f = \sum F_{xk} = G_v \cdot f \quad (2.5.3.1)$$

- O_f – valivý odpor [N]
 F_{xk} – odpory na všech kolech
 G_v – tíha vozidla [N]
 f – součinitel odporu valení [-]

Součinitel odporu závisí na poloměru kola a ramenu valení.

$$f = \frac{a}{r} [-] \quad (2.5.3.2)$$

- a – rameno valení kola [m]
 r – poloměr kola [m]

Ztráty vlivem valení jsou dány následujícími vlastnostmi:

- vnitřním uspořádáním pneumatiky – až 95 % ztrát
- třením ve stopě 5 – 10 % ztrát
- aerodynamickými ztrátami – do 3%

2.5.4 Odpor vzduchu

Odpor vzduchu vzniká vždy při pohybu vozidla a jeho velikost roste se čtvercem přibývajících rychlostí. Velikost tohoto odporu je dána následujícími faktory:

- tvarem vozidla a jeho povrchem
- velikostí vozidla a jeho čelní plochou
- vlivem prostředí

$$O_v = p_d \cdot C_x \cdot S_x \text{ [N]} \quad (2.5.4.1)$$

- O_v – odpor vzduchu
 p_d – dynamický tlak
 C_x – součinitel tvaru vozidla [-]
 S_x – čelní plocha vozidla [m²]

Vzorec pro výpočet dynamického tlaku je následující:

$$p_d = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \quad (2.5.4.2)$$

- ρ – hustota vzduchu [kg.m⁻³]
 v – rychlost vozidla [m.s⁻¹]

2.5.5 Odpor zrychlení

Tento odpor vzniká při změně rychlosti vozidla, kdy proti směru zrychlení působí setrvačná síla, kterou vozidlo musí překonat.

$$O_a = m \cdot a + \frac{2}{D_k} \cdot J_c \cdot \frac{d\omega}{dt} \quad (2.5.5.1)$$

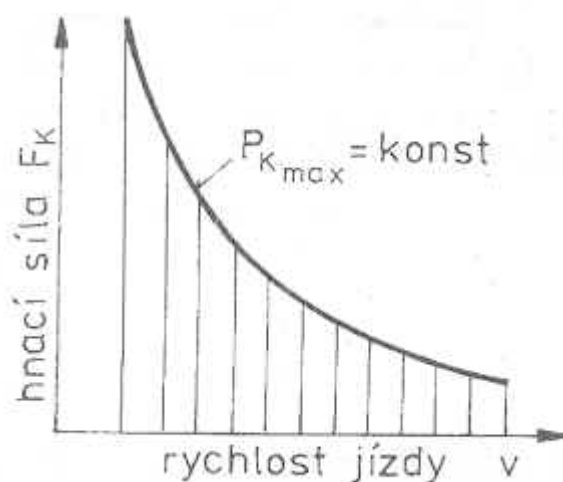
- O_a – odpor zrychlení
 m – hmotnost vozidla [kg]
 a – zrychlení vozidla [m.s⁻²]
 D_k – průměr kola [m]
 J_c – celkový moment setrvačnosti rotujících částí [kg.m²]
 $\frac{d\omega}{dt}$ – úhlové zrychlení rotujících částí

2.6 Hnací ústrojí

V předchozí kapitole jsem uvedl odpory působící proti pohybu vozidla, a které je potřeba překonat. Dále jsem uvedl vzorce pro výpočet pro sílu na kolech vozidla. Nyní si ukážeme, jak probíhá přenos této síly a jakým způsobem tuto sílu můžeme měnit.

2.6.1 Hnací síla vozidla

Ideální výkon motoru by nastal v případě, že maximální výkon by byl dosažitelný v jakýchkoliv otáčkách. Tomuto průběhu se ale spalovací motory nejsou schopny přiblížit, protože dosahují maximálního výkonu pouze v určitých otáčkách. Ideální by bylo, aby hnací síla vozidla vypadala takto:



Obr. 2.6.1.1: Ideální hyperbola hnací síly vozidla [1]

Síla $P_{k_{max}}$ nestoupá do nekonečna, protože v tom případě by musel být i točivý moment nekonečný. Tuto ideální parabolu je potřeba omezit jak ve vztahu k rychlosti tak k síle na kolech. Síla na kolech je omezena mezí přilnavosti kola a podložky. Výpočet této maximální síly probíhá pomocí tohoto vztahu:

$$F_{k_{max}} = \mu \cdot G \quad (2.6.1.1)$$

$F_{k_{max}}$ – maximální síla na kolech vozidla [N]

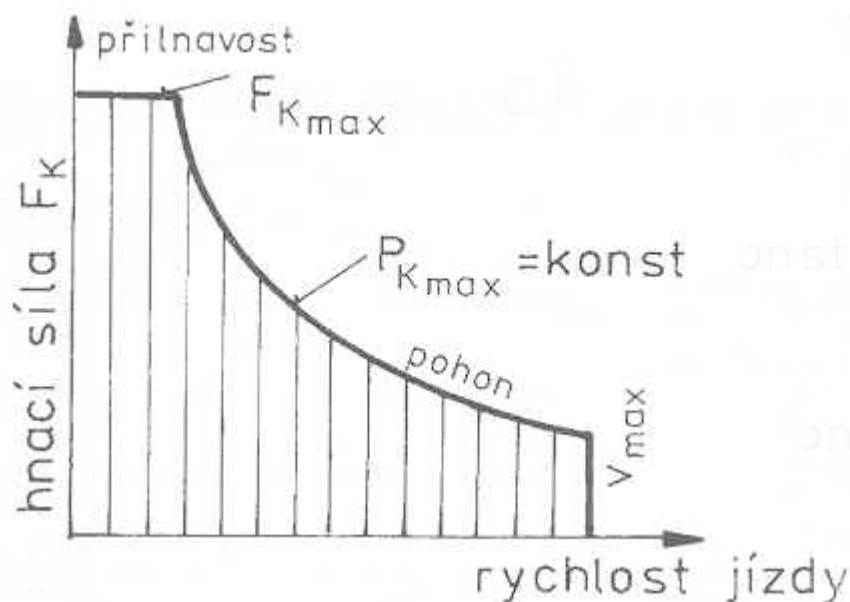
μ – součinitel soudržnosti povrchu [-]

G – tíha vozidla na kolo [N]

Vozovka		Hodnota	Vozovka		Hodnota
beton	suchý	0,8 – 1,0	asfalt	suchý	0,6 – 0,9
	mokrý	0,5 – 0,8		mokrý	0,3 – 0,8
dlažba	suchá	0,6 – 0,8	makadam	suchý	0,6 – 0,8
	mokrá	0,3 – 0,5		mokrý	0,3 – 0,5
polní cesta	suchá	0,4 – 0,6	tráva	suchá	0,4 – 0,6
	mokrá	0,3 – 0,4		mokrá	0,2 – 0,5
hluboký písek, sníh		0,2 – 0,4	náledí		0,1 – 0,3

Obr. 2.6.1.2: Tabulka součinitele přilnavosti [1]

Omezení maximální rychlosti vozidla je dáno výkonem motoru a součtem všech odporů působících na vozidlo. Výsledná maximální rychlost je tedy bodem, kdy se celkové odpory vyrovnají výkonu potřebnému pro jejich překonání.

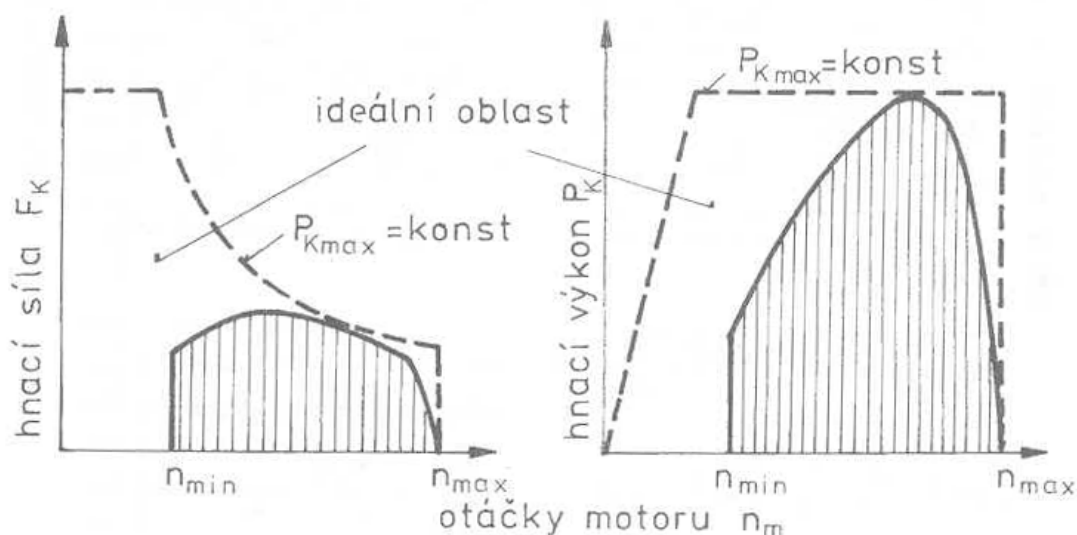


Obr. 2.6.1.3: Ideální rychlostní charakteristika vozidla [1]

Této ideální rychlostní charakteristice se díky vlastnostem spalovacího motoru lze přiblížit pouze pomocí převodového ústrojí, která nám umožní lepší využití výkonu motoru.

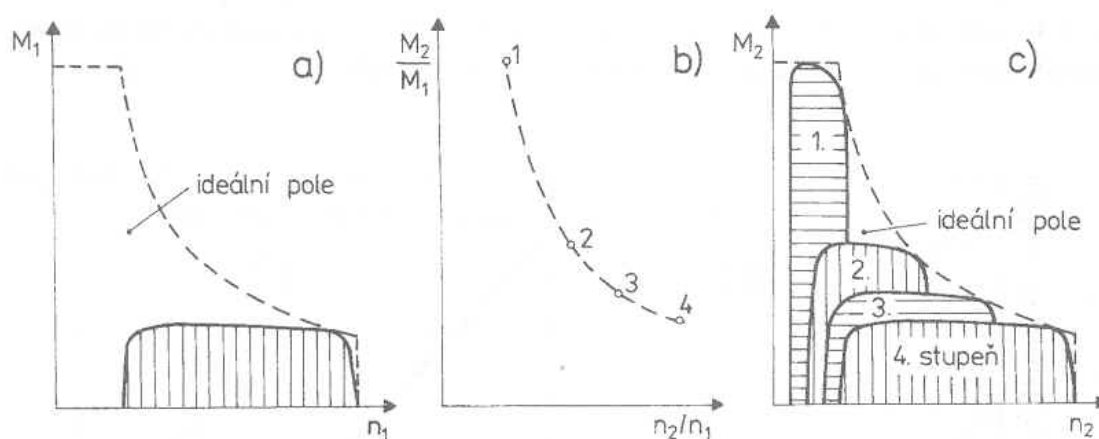
2.6.2 Spolupráce motoru a převodového ústrojí

Převodové ústrojí musí být schopno zajistit jak rozjezd vozidla, tak dosažení maximální rychlosti vozidla dané výkonem. V případě jednoho převodu není možno plně využít výkonu motoru z důvodu nízkého rozsahu otáček spalovacího motoru.



Obr. 2.6.2.1: Pracovní pole motoru při použití jednoho převodu [1]

Z obrázku (Obr. 2.6.2.1) je patrné o kolik se liší ideální průběh výkonu a průběh výkonu spalovacího motoru. Pro lepší využití výkonu motoru je potřeba použít víceústupňovou převodovku.



Obr. 2.6.2.2: Změna charakteristiky použitím čtyřstupňové převodovky[1]

- a) u spalovacího motoru
- b) u stupňové převodovky
- c) momentu na výstupu převodovky

Z obrázku (Obr. 2.6.2.2.) je patrné větší využití výkonu motoru v případě použití vícešupňové převodovky v porovnání a přiblížení k ideální charakteristice.

V dnešní době se již používají převodovky s plynule měnitelným převodovým stupněm (Continuously variable transmission – CVT). Tyto převodovky jsou schopny při plném zatížení motoru kopírovat ideální křivku výkonu, ale v porovnání s manuálními převodovkami mají nižší účinnost.

Každý převod je vyjádřen vlastním převodovým poměrem i .

$$i = \frac{\text{otáčky hnacího hřídele}}{\text{otáčky hnaného hřídele}} \quad (2.6.2.1)$$

$i > 1$ převod do pomala

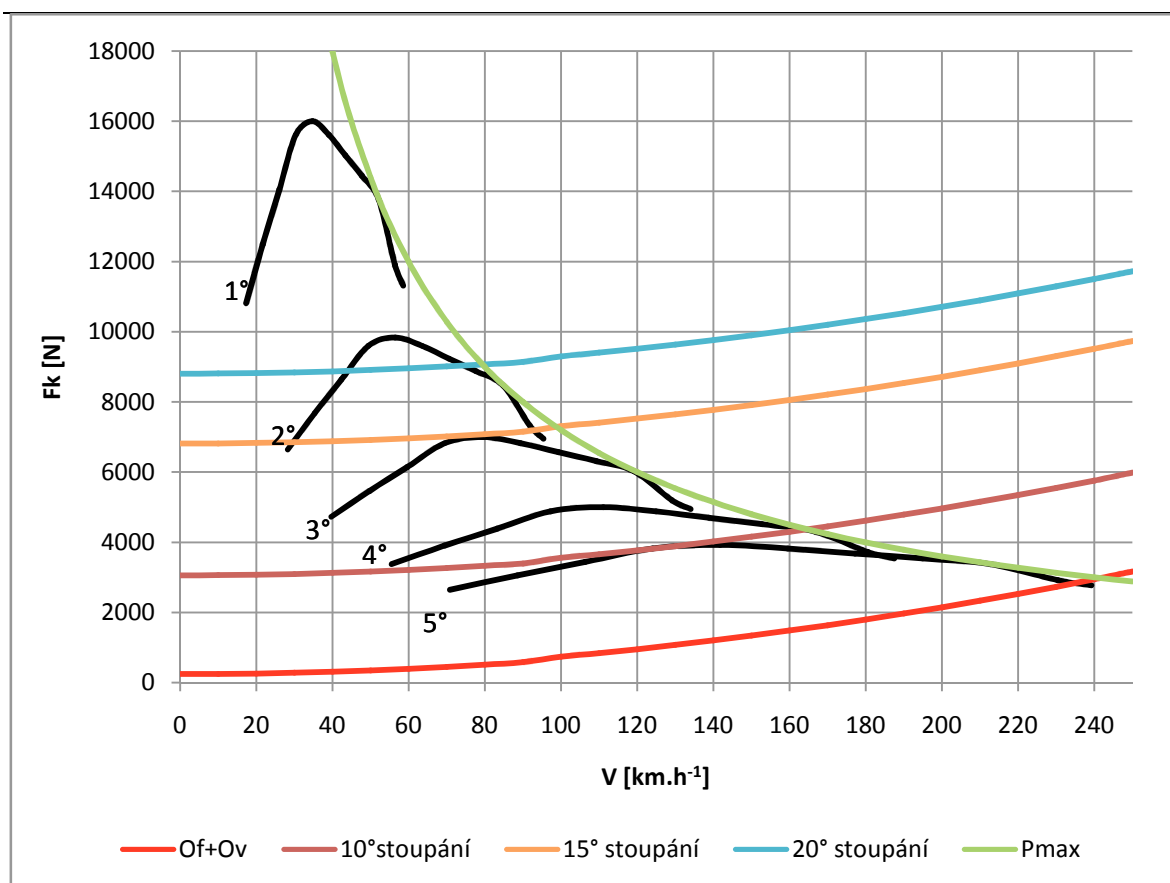
$i < 1$ převod do rychla

Pro případ prvního rychlostního stupně je tento poměr největší z důvodu získání potřebné síly na kolech při rozjezdu vozidla. S dalšími převodovými stupni tento poměr pro dosažení maximální rychlosti vozidla klesá.

2.7 Charakteristika hnací síly na kolech vozidla

V předchozích kapitolách jsme se seznámili se všemi odpory působícími proti pohybu vozidla a také se silou, kterou dokážeme převést na kola vozidla. Tato síla je na každý rychlostní stupeň vzhledem k použití vícešupňových převodů jiná. Průběh těchto sil na jednotlivé převody a průběh jízdních odporů lze zakreslit do společného grafu, ve kterém se dá zjistit jak maximální rychlost, tak maximální stoupavost vozidla na zvolený rychlostní stupeň.

Pro sestrojení tohoto grafu je potřeba znát jak průběh točivého momentu vozidla, tak jednotlivé převodové poměry použité v převodovce. Dalšími nutnými parametry jsou hmotnost vozidla, součinitel odporu vzduchu, čelní plocha a poloměr kola vozidla.



Obr. 2.7.1: Charakteristika hnací síly pro vozidlo s parametry $m = 1655\text{kg}$; $r_k = 0,327\text{m}$; $c_x = 0,35$; $S_x = 2,4\text{m}^2$; $M_{max} = 410\text{ Nm}$; $P_{max} = 200\text{ kW}$; $i_1 = 3,636$; $i_2 = 2,235$; $i_3 = 1,59$; $i_4 = 1,137$; $i_5 = 0,891$; $i_s = 3,9$

Z daného grafu (Obr. 2.7.1.) lze zjistit maximální rychlost vozidla, která v tomto případě činí 233 km.h^{-1} , tato situace nastává v momentu, kdy se rovná součet odporu vzduchu a odporu valení síle přivedené na kola vozidla. Pro zjištění stoupavosti vozidla jsou uvedeny tři sklony vozidla 10, 15 a 20 stupňů, přičemž na překonání stoupání o úhlu 20° je potřeba mít zařazený druhý rychlostní stupeň a motor musí být provozován v otáčkách s maximálním točivým momentem.

Pokud známe všechny potřebné parametry vozidla, lze tuto charakteristiku vytvořit pro každý automobil a zakreslit do ní libovolný úhel stoupání.

3 Sestavení metodiky zkoušek

Vzhledem k chybějící metodice pro provádění zkoušek a následnému vyhodnocení výsledků získaných ze zkoušky je potřeba si stanovit vlastní metodiku zpracování. Pro vytvoření této metodiky budou použity podklady pro provádění měření, které jsou součástí návodu k obsluze válcové zkušebny MAHA LPS 2000 na které bude měření prováděno. Tato zkušebna funkcí a výkonu se pro své výpočty statických a dynamických vlastností řídí dle norem DIN, ISO a směrnic EHS a ECE-R. Před sestavením metodiky je potřeba se seznámit se samotnou zkušebnou.

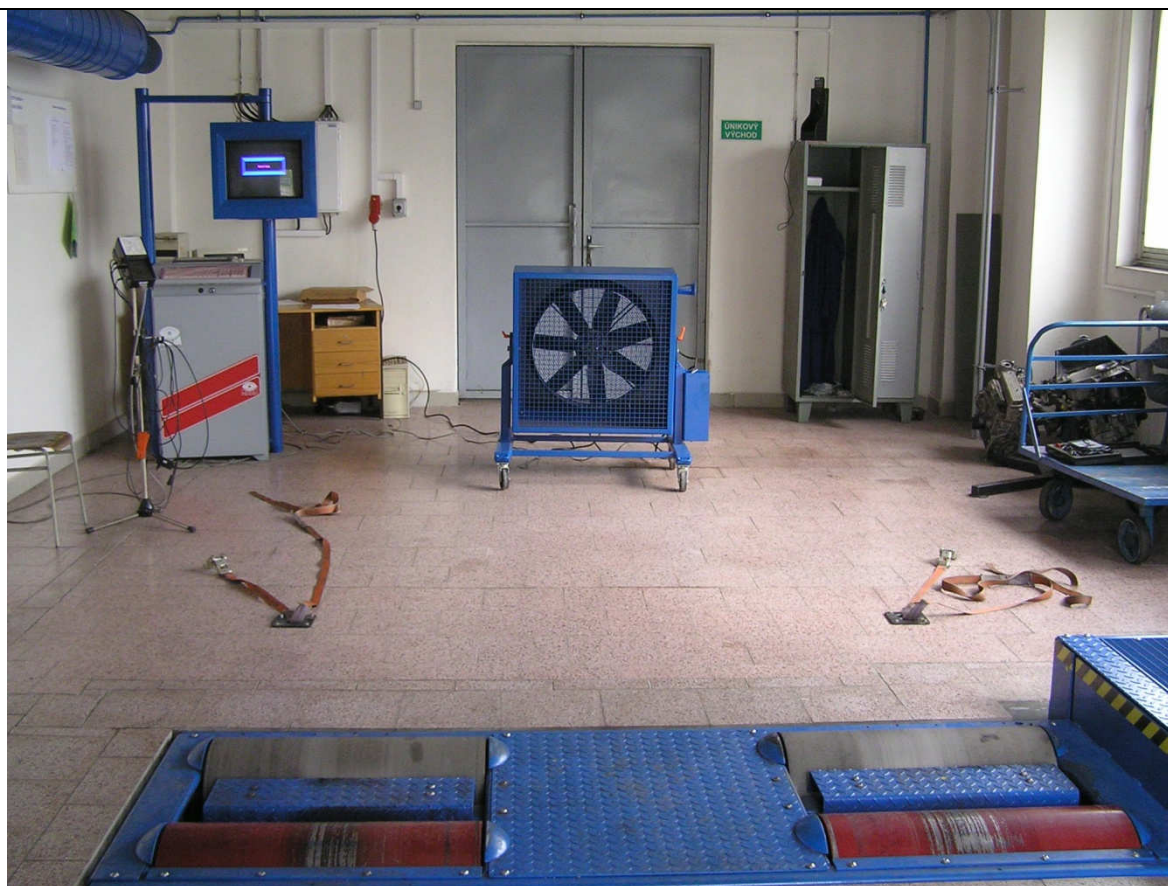
3.1 Zkušebna MAHA LPS 2000

Tato zkušebna je tvořena těmito základními prvky:

- Komunikační pult s barevnou obrazovkou a počítačovou klávesnicí
- Dálkové ovládání ke komunikačnímu pultu
- Sada válců
- Modul rozhraní, přes který se připojují čidla ke komunikačnímu pultu
- Tiskárna na nekonečný papír formátu A4
- Ventilátor na studený vzduch připojitelný ke komunikačnímu pultu a ovládaný dálkovým ovládáním

V místnosti, kde je zkušebna jsou umístěny další prvky, potřebné pro vykonání měření:

- Zařízení pro odsávání výfukových zplodin
- Ventilační systém pro přívod a odvod vzduchu ze zkušebny s výkonem $3000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$



Obr. 3.1.1: Válcová zkušebna MAHA LPS 2000

3.1.1 Komunikační pult s barevnou obrazovkou

Přes tento pult (Obr. 3.1.2.1.) jsou nastavovány parametry nutné pro měření a je k němu připojeno veškeré nutné příslušenství potřebné pro měření, které měří požadované veličiny. Na barevné obrazovce jsou v průběhu měření zobrazovány průběžné hodnoty a na konci měření výsledné hodnoty, které lze poté zpracovat a vytisknout na připojené tiskárně.

3.1.2 Dálkové ovládání

Dálkovým ovládáním (Obr. 3.1.2.2.) lze ovládat některé funkce válcové zkušebny a to jak v průběhu, tak mezi zkouškami. Pro některé zkoušky je toto ovládání nezbytně nutné. Pokyny jsou k čidlu na přední straně komunikačního pultu vysílány pomocí infračervených signálů.



Obr. 3.1.2.1: Komunikační pult s barevnou obrazovkou



Obr. 3.1.2.2: Dálkové ovládání

3.1.3 Sada válců

Sady válců ke stanici MAHA LPS 2000 (Obr. 3.1.3.1.) mohou mít různá provedení lišící se podle toho, jaká vozidla budou na této zkušebně testována. Zkušebna umístěná v Ostravě – Vítkovicích je vybavena sadou válců s označením R100/1. Jedná se o válce vybavené elektromagnetickou brzdou pro měření osobních a lehkých užitkových automobilů s jednou poháněnou nápravou.



Obr. 3.1.3.1: Sada válců R100/1

Tab. 3.13.1: Parametry sady válců R100/1

Sada válců	R 100/1	Jednotky
Délka	3345	[mm]
Šířka	1100	[mm]
Výška	520	[mm]
Hmotnost včetně obalu	1400	[kg]
Zátěž os	2,5	[t]
Délka válců	750	[mm]
Stopa min.	800	[mm]
Stopa max.	2300	[mm]
Nejmenší měřitelné kolo	12“	
Průměr válců	318	[mm]
Odstup od válců	540	[mm]
Zdvíhací práh pneumatický	min. 0,8	[MPa]
Vířivá brzda	260	[kW]
Napojení na síť	230	[V]
Pojistka setrvačná	16	[A]
Rychlost měření	max. 260	[km.h ⁻¹]
Výkon kol	max. 260	[kW]
Hnací síla	max. 6	[kN]
Přesnost měření	±2%	

3.1.4 Modul rozhraní

Do tohoto modulu rozhraní (Obr. 3.1.4.2) jsou připojena čidla, která snímají hodnoty potřebné pro průběh a vyhodnocení měření. Je v něm umístěn tlakoměr a teplotní čidlo. Dále je k němu připojena svorka s čidlem zjišťujícím teplotu, která se umísťuje před sání automobilu. Dalším prvkem je čidlo, které se umísťuje místo měrky pro kontrolu oleje a zjišťuje teplotu oleje v motoru. Pro zjištění otáček motoru je modul vybaven indukčními kleštěmi, které se připojují u zážehových motorů na kabel zapalování co nejbližší první zapalovací svíčke. Tyto kleště snímají signál vysokého napětí, který je následně v modulu převeden na otáčky motoru. Pokud nelze tyto kleště použít a nejsou snímány žádné otáčky je potřeba použít magnetickou vibrační sondu. Sonda je připojena

na motor vozidla a pomocí vibračního snímače (Obr. 3.1.4.1) zapojeného na baterii automobilu je přepočítána hodnota otáček. Na tento přístroj jsou poté připojeny zmíněné indukční kleště snímající otáčky.



Obr. 3.1.4.1: Vibrační snímač



Obr. 3.1.4.2: Modul rozhraní

3.1.5 Tiskárna

Jedná se o čtyřbarevnou jehličkovou tiskárnu Citizen swift 200+ (Obr. 3.1.5.1.), která tiskne na nekonečný papír formátu A4 s možností vytvoření kopie propisem na druhý papír. Je umístěna v komunikačním pultu a s ním je i propojena. Nastavení je provedeno automaticky bez nutnosti zásahu.



Obr. 3.1.5.1: Tiskárna Citizen swift 200+

3.1.6 Ventilátor

Ventilátor (Obr. 3.1.6.1) je připojen k ovládacímu pultu a zajišťuje přísun vzduchu do motoru při zkouškách prováděných na válcové zkušebně. Při více měřeních je jeho použití nutné, z důvodu dosažení chlazení motoru testovaného vozidla. Umísťuje se přibližně 1m před vozidlo.



Obr. 3.1.6.1: Ventilátor pro přívod studeného vzduchu

3.2 Podmínky při měření

Vozidlo musí mít před začátkem měření suché a správně nahuštěné pneumatiky z důvodu prokluzu hnacích kol na válcích. V případě že je vozidlo vybaveno stabilizačním či protiskluzovým systémem je nutné jej deaktivovat, aby tyto systémy neovlivnily průběh a výsledky zkoušky. Všechna elektronická zařízení jako např.: rádio a klimatizace musí být při měření vypnuta.

3.3 Postup měření

3.3.1 Ustavení vozidla a příprava na měření

Vozidlo najede na válce a poté je bez připevnění vyzkoušena pomalou jízdou směrová stabilita vozidla. Pokud vozidlo vykazuje směrovou nestabilitu je nutno s vozidlem znovu najet na válce a pokusit se tuto nestabilitu eliminovat. V případě vhodného ustavení se vozidlo připevní popruhy, které jsou uvázány za tažné oko automobilu k podlaze zkušebny. Tyto popruhy musí být napnuty, ale zároveň nesmí automobil táhnout k zemi. Volné konce popruhů se musí přivázat tak, aby se nedostaly do kontaktu s ventilátorem, koly a válci. Před vozidlo se umístí ventilátor ve vzdálenosti přibližně 1m. Ke koncovce výfuku se umístí zařízení pro odsávání výfukových zplodin. Před započítáním samotné zkoušky je nutno dbát na to, aby vozidlo mělo zahřáté všechny provozní kapaliny tak, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků a opotřebení motoru. Toto zahřátí na provozní teplotu může být provedeno jízdou buď před ustavením na zkušební válce, nebo přímo na zkušebních válcích pomocí funkcí válcové zkušebny, kdy se provede zátěžová testovací jízda při které se motor vozidla zahřeje.

Zkouška se provádí dle manuálu ke zkušebně na druhý nejvyšší rychlostní stupeň. Tato volba zajišťuje vhodné prokreslení výkonové charakteristiky a zároveň délku zkoušky.

3.3.2 Měření

Válcová zkušebna svými funkcemi umožňuje diskrétní měření výkonu a kontinuálního měření výkonu. V našem případě je vzhledem k potřebě změřit výkonovou charakteristiku v celém spektru otáček motoru nutno použít kontinuální měření výkonu. Vozidlo uvedeme plynule do pohybu a řadíme až do dosažení předposledního rychlostního stupně. Přitom dbáme na to, abychom nepřekročili rychlost $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. V této rychlosti se zapíná elektromagnetická brzda a začíná měření. Při předčasném dosažení této rychlosti by začalo měření dříve. Po dosažení $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ je potřeba úplně sešlápnout pedál plynu až do maximálních otáček motoru. V případě vznětového motoru nemusíme motor vytáčet až do maximálních otáček, ale stačí sledovat hodnoty na barevném monitoru a v případě výrazného poklesu výkonu můžeme ukončit zkoušku dříve. Po dosažení maximálních nebo vhodných otáček sešlápneme spojkový pedál a počkáme, až vozidlo

doběhem zastaví. V průběhu tohoto doběhu měří zkušebna ztrátový výkon, který po ukončení měření připočte ke změřenému výkonu na kolech. Po měření se na monitoru (Obr. 3.3.2.1.) zobrazí graf průběhu výkonu v závislosti na otáčkách, na němž jsou zobrazeny následující hodnoty:

- Průběh výkonu na kolech (modrý)
- Průběh výkonu motoru korigovaný dle zvolené normy (červený)
- Průběh odporů rotujících hmot (zelený)
- Průběh točivého momentu motoru (žlutá)



Obr. 2.3.2.1: Ukázka výsledků měření

Tento graf je možno si vytisknout jako protokol o měření, ve kterém jsou uvedeny kromě těchto průběhů následující hodnoty:

- Korigovaný výkon
- Výkon motoru
- Ztrátový výkon
- Otáčky při dosažení maximálního výkonu
- Maximální točivý moment
- Otáčky při maximálním točivém momentu

- Maximální dosažená rychlost
- Teplota a tlak vzduchu

Z těchto protokolů o měření budou následně výsledky statisticky vyhodnoceny a porovnány s údaji udávanými výrobcem.

Údaje maximálního výkonu jsou korigovány v závislosti na zvolené normě, která je obsažena v nastavení válcové zkušebny.

Zkušebna obsahuje tyto korekce:

- Dle normy DIN 70020
- Dle normy ISO 1585
- Dle směrnice 80/1269/ES
- Dle směrnice ECE – R 85

V našem případě bude použita norma DIN 70020. Tato norma je vydána Německým ústavem pro průmyslovou normalizaci (Deutsches Institut für Normung). Norma nebere v potaz změny vlhkosti vzduchu, obsahuje referenční hodnoty a vzorec pro výpočet korekce.

Vzorec pro výpočet korekce:

$$\alpha = \left(\frac{p}{p_0}\right) = \left(\frac{T_0}{T}\right)^{0,5} \quad (3.3.2.1)$$

α – korekční součinitel [-]

p_0 – referenční tlak $p_0 = 101,325$ [kPa]

T_0 – referenční teplota $T_0 = 293$ [K]

T – absolutní hodnota teploty nasávaného vzduchu [K]

4 Statistické nástroje pro vyhodnocení

Výstupy získané z protokolů o měření musí být v rámci srozumitelnosti a interpretace výsledků měření statisticky zpracovány. V tomto zpracování dojde k započtení chyb způsobených jak obsluhou, tak přístroji použitými při měření. Výsledné hodnoty určí oblast hodnot, ve kterých se s určitou pravděpodobností pohybují naměřené výsledky. Základem pro správné vyhodnocení je vyloučení hrubých a systematických chyb.

4.1.1 Standardní nejistota typu A

Tato nejistota je dána měřením. Její příčiny nejsou známy, hodnota nejistoty typu A klesá s počtem měření. Je vyjádřena standardní odchylkou od aritmetického průměru. V našem případě je počet deseti měření postačující pro relevantní výpočet této nejistoty. Nejprve je potřeba spočítat aritmetický průměr pro výkon P a točivý moment M a to podle vzorců:

Pro výkon:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} [kW] \quad (4.1.1.1)$$

\bar{P} aritmetický průměr výkonu motoru [kW]

P_i i-tý výkon motoru [kW]

n počet měření (v našem případě $n = 10$)

Pro otáčky při maximálním výkonu:

$$\overline{n_p} = \frac{\sum_{i=1}^n n_{P_i}}{n} [kW] \quad (4.1.1.2)$$

$\overline{n_p}$ aritmetický průměr otáček při maximálním výkonu [min^{-1}]

n_{P_i} i-té otáčky motoru [min^{-1}]

n počet měření (v našem případě $n = 10$)

Pro maximální točivý moment motoru:

$$\bar{M} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \text{ [Nm]} \quad (4.1.1.3)$$

\bar{M} aritmetický průměr momentu motoru [Nm]

M_i i-tý točivý moment motoru [Nm]

n počet měření (v našem případě n = 10)

Pro otáčky při maximálním točivém momentu:

$$\bar{n}_M = \frac{\sum_{i=1}^n n_{M_i}}{n} \text{ [kW]} \quad (4.1.1.4)$$

\bar{n}_M aritmetický průměr otáček při maximálním točivém momentu [min^{-1}]

n_{M_i} i-té otáčky motoru [min^{-1}]

n počet měření (v našem případě n = 10)

Standardní nejistota typu A je vypočítána dle vzorce:

$$u_A(P) = \sigma(\bar{P}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{(n-1)}} \text{ [kW]} \quad (4.1.1.5)$$

$u_A(P)$ standardní nejistota typu A

$\sigma(\bar{P})$ rozptyl aritmetického průměru

\bar{P} aritmetický průměr výkonu motoru

P_i i-tý výkon motoru

n počet měření (v našem případě n = 10)

Tato nejistota se pomocí stejného vzorce spočítá i pro otáčky při maximálním výkonu, maximální točivý moment a otáčky při maximálním točivém momentu.

4.1.2 Standardní nejistota typu B

Vznik této nejistoty je dán nepřesností měřicího přístroje, tato nepřesnost se přímo přenáší do výsledků měření. Přesnost měřicího přístroje je uváděna v dokumentaci a vyjadřuje nejistotu měření s níž se musí při vyhodnocení počítat. Hodnotu této nejistoty lze vyjádřit pomocí těchto vztahů:

Pro výkon:

$$u_B(P) = \frac{TP}{100} \cdot M \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ [kW]} \quad (4.1.2.1)$$

$u_B(P)$ standardní nejistota typu B

TP třída přesnosti měření (v našem případě $\pm 2\%$ tedy $TP = 4$)

M největší hodnota přesnosti měřicího rozsahu (pro náš případ $M = 260 \text{ kW}$)

Pro otáčky:

$$u_B(n) = \frac{TP}{100} \cdot n \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ [ot/min]} \quad (4.1.2.2)$$

$u_B(n)$ standardní nejistota typu B [min^{-1}]

TP třída přesnosti měření (v našem případě $\pm 2\%$ tedy $TP = 4$)

M největší hodnota přesnosti měřicího rozsahu (pro náš případ $M = 9990 \text{ min}^{-1}$)

Pro točivý moment:

V případě naší válcové zkušebny je brzdňý moment vytvářen pomocí vířivých proudů, brzdňý výkon se tedy rovná:

$$P = U \cdot I \quad (4.1.2.2) [2]$$

V případě, že za hodnotu P dosadíme standardní nejistotu typu B pro výkon a za předpokladu, že $U = I$ bude nejistota typu B pro točivý moment dána vztahem:

$$u_B(M) = \sqrt{u_B(P)} \quad (4.1.2.3) [2]$$

$u_B(M)$ standardní nejistota typu B [Nm]

4.1.3 Kombinovaná standardní nejistota

Kombinovaná nejistota vyjadřuje, v jakém rozptýlu od aritmetického průměru se nacházejí naměřená data. Pomocí uvedených vzorců lze určit horní a dolní meze intervalu hodnot pro danou měřenou veličinu.

$$u_c(P) = \sqrt{u_A^2(P) + u_B^2(P)} [kW] \quad (4.1.3.1)$$

$u_c(P)$	kombinovaná standardní nejistota [kW]
$u_A(P)$	standardní nejistota typu A [kW]
$u_B(P)$	standardní nejistota typu B [kW]

$$DMI = \bar{P} - \frac{u_c(P)}{2} [kW] \quad (4.1.3.2)$$

$$HMI = \bar{P} + \frac{u_c(P)}{2} [kW] \quad (4.1.3.3)$$

DMI	dolní mez intervalu výkonu motoru [kW]
HMI	horní mez intervalu výkonu motoru [kW]
\bar{P}	aritmetický průměr výkonu motoru [kW]
$u_c(P)$	kombinovaná standardní nejistota [kW]

Pomocí stejných vzorců vyjádřím horní a dolní meze intervalu také pro hodnoty maximálního točivého momentu a také pro otáčky motoru.

4.2 Grafické vyhodnocení zpracovaných výsledků

Pro přehlednou interpretaci naměřených výsledků bude součástí každého měřeného vozidla skupina grafů. Ty nám graficky znázorní naměřené hodnoty a zároveň v nich dojde k porovnání naměřených údajů s údaji výrobce. Pro přehlednost budou grafy rozděleny podle veličin a vlastností v nich uváděných takto:

4.2.1 Graf maximálního výkonu

V tomto grafu bude znázorněn průběh výkonu dle údajů výrobce a v červeném obdélníku rozptýl hodnot, které jsem získal měřením a následným statistickým zpracováním. Tento obdélník je vymezen horním a dolní mezním intervalem pro hodnotu maximálního výkonu a stejnými intervaly pro hodnotu otáček, při kterých byl maximální výkon naměřen. Na ose x jsou uvedeny otáčky motoru [min^{-1}] a na ose y je uveden výkon motoru [kW]. Ve vymezeném poli se tedy budou nacházet mnou naměřené hodnoty, ze kterých bude jasné, zdali se shodují či neshodují s údaji výrobce.

4.2.2 Graf maximálního točivého momentu

Obsahem tohoto grafu bude průběh točivého momentu, který je dán údaji výrobce a červený obdélník, který udává rozptýl mnou naměřených hodnot podrobených statistickému zpracování. Tento obdélník je vymezen horním a dolním mezním intervalem pro hodnotu maximálního dosaženého točivého momentu, a dále horním a dolním mezním intervalem pro hodnotu otáček, při kterých bylo tohoto maxima dosaženo. Na ose x jsou uvedeny otáčky motoru [min^{-1}], na ose y je uveden točivý moment motoru [kW].

4.2.3 Průběh výkonu motoru

Maximální výkon je dosahován pouze při určitých otáčkách motoru a není tedy zřejmé, jak moc se hodnoty naměřené liší od hodnot udávaných výrobcem. Proto bude v tomto grafu zobrazen průběh výkonu v celém otáčkovém spektru motoru. Z protokolů jsou pro všechny automobily se zážehovým motorem odečteny hodnoty vždy po 500 otáčkách za minutu, pro vozy se vznětovým motorem jsou vzhledem k menšímu rozsahu otáček tyto hodnoty odečítány vždy po 250 otáčkách za minutu. Pro všechny tyto hodnoty z deseti měření je provedeno statistické zpracování a vypočítány horní a dolní mezní intervaly výkonu pro dané otáčky. Poté jsou vytvořeny křivky horního a dolního mezního

intervalu výkonu v celém otáčkovém spektru, které určují interval mnou naměřených hodnot. Poslední křivkou v tomto grafu je křivka průběhu výkonu udávaného výrobcem. Při přímém porovnání těchto křivek je viditelné zda se naměřená data shodují s údaji výrobce v celém průběhu otáček motoru a případně o kolik se liší při daných otáčkách motoru.

4.2.4 Průběh točivého momentu

Pro vyhodnocení průběhu točivého momentu bude vytvořen samostatný graf, který bude sestaven na stejném principu jako graf pro průběh výkonu motoru. Z protokolů budou odečítány hodnoty točivého momentu v celém otáčkovém rozsahu. Pro zážehové motory budou odečteny hodnoty po 500 otáčkách za minutu a pro vznětové po 250 otáčkách za minutu. Porovnávány křivkami bude horní a dolní mezní interval točivého momentu mnou naměřený, který bude doplněn o křivku průběhu točivého momentu udávaného výrobcem.

4.2.5 Hodnoty HMI a DMI pro průběh výkonu

Pro lepší přehlednost bude vytvořen sloupkový graf pro určené hodnoty otáček v celém otáčkovém rozsahu motoru. Ve skupině po třech sloupcích budou zobrazeny hodnoty HMI, DMI a údaj výrobce. Pro zážehové motory budou tyto sloupce vytvořeny po 500 otáčkách za minutu a pro vznětové po 250 otáčkách za minutu.

4.2.6 Hodnoty HMI a DMI pro průběh točivého momentu

Jako doplněk k průběhu točivého momentu bude vytvořen sloupkový graf pro točivý moment, ve kterém budou po třech sloupcích zobrazeny hodnoty HMI, DMI a údaj výrobce. Pro zážehové motory budou tyto sloupce vytvořeny po 500 otáčkách za minutu a pro vznětové po 250 otáčkách za minutu.

5 Experimentální měření a vyhodnocení

Měření bylo prováděno na dynamometru MAHA LPS 2000, který je umístěn v areálu Střední odborné školy dopravní v Ostravě – Vítkovicích. Dynamometr patří Vysoké škole báňské - Technické univerzitě Ostrava.

Vozidla, která absolvovala měření byla získána ze dvou zdrojů:

- autosalon Auto Tichý, s.r.o
- Střední odborná škola dopravní Ostrava - Vítkovice

Skladba vozidel odpovídá možnostem těchto dvou zdrojů. Celkový počet měřených vozidel je deset. Automobily poskytnuté k měření byly:

- Hyundai i30 1.6 CVVT
- Hyundai i30 1.6 CVVT
- Hyundai i30 2.0 CRDi
- Kia Venga 1.6 CVVT
- Peugeot 207 1.4 8V
- Peugeot 207 1.4 HDi
- Peugeot 307 Break 1.6 16V
- Peugeot 307 SW 1.6 HDi
- Peugeot 807 2.0 HDi
- Citroen C4 1.6 16V

Všechna vozidla byla změřena na válcově zkušebně desetkrát a po měření byl vždy vytisknut protokol o měření, který se dále vyhodnocoval.

Pro dodržení rozsahu práce je první vozidlo vytvořeno jako vzorové, se všemi tabulkami potřebnými pro vytvoření grafů. Součástí tohoto vzoru je také postup provádění vyhodnocení, který u dalších vozidel nebude uveden. Tabulky k dalším vozidlům jsou uvedeny v seznamu příloh a jsou přiloženy na CD.

5.1 Hyundai i30 1.6 CVVT



Obr.5.1.1: Hyundai i30 1.6 CVVT

Tab. 5.1.1: Technické údaje vozidla Hyundai i30 1.6 CVVT

Rok výroby	2009	
Stav tachometru	230	km
Typ motoru	zážehový	
Zdvihový objem motoru	1591	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	93	kW
při otáčkách	6300	min ⁻¹
Točivý moment motoru	157	Nm
při otáčkách	4200	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1268	kg
Užitečná hmotnost	452	kg
Délka	4245	mm
Šířka	1775	mm
Výška	1480	mm
Rozvor	2650	mm
Rozměr pneu	195/65 R15	
Datum měření	16.3.2011	

Tab. 5.1.2: Naměřené hodnoty Hyundai i30 1.6CVVT

	P _{max} [kW]	n (P _{max}) [min ⁻¹]	M _{max} [Nm]	n (M _{max})[min ⁻¹]
údaje dle výrobce	93	6200	157	4200
měření				
č.1	93	6300	156	4370
č.2	94	6220	158	5190
č.3	93	6330	155	4340
č.4	93,5	6280	159	4240
č.5	92	6240	158	4280
č.6	93,5	6240	158	4400
č.7	89,5	5650	161	4310
č.8	95	6320	160	4320
č.9	93	6260	158	4410
č.10	93,5	6250	159	4260
průměr	93	6209	158,2	4412

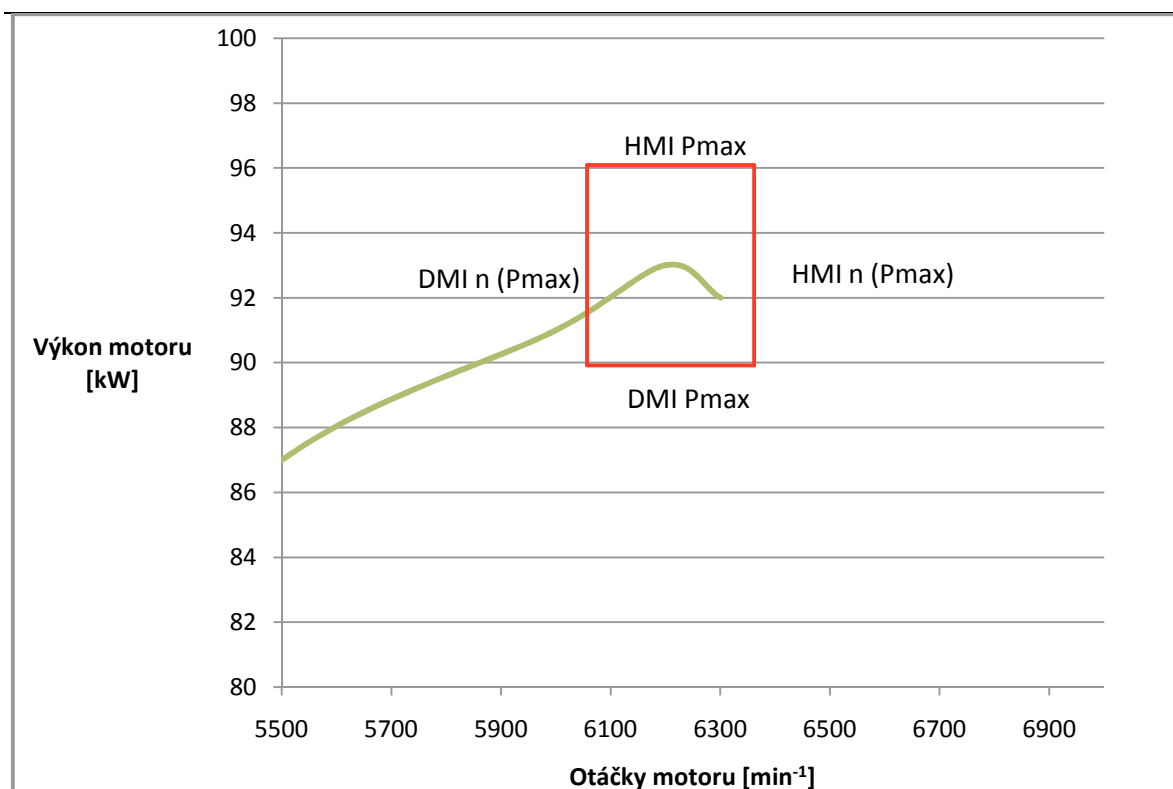
V tabulce (Tab. 5.1.2.) jsou uvedeny naměřené maximální hodnoty výkonu a točivého momentu motoru vozidla Hyundai i30 1.6CVVT a otáčky, při kterých bylo tohoto výkonu a točivého momentu dosaženo. Tyto hodnoty byly dále statisticky zpracovány podle vzorců uvedených v kapitole 4 a byly vypočteny hodnoty HMI a DMI pro maximální výkon a maximální točivý moment vozidla. Po statistickém vyhodnocení byly tyto hodnoty zakresleny do grafu obsahujícího průběh výkonu a točivého momentu dle údajů výrobce. Jsou vytvořeny samostatné grafy zobrazující rozmezí hodnot pro maximální výkon a maximální točivý moment. Grafy jsou doplněny tabulkou zobrazující přesné číselné hodnoty rozmezí HMI a DMI jak pro maximální výkon, tak pro maximální točivý moment.

Tab. 5.1.3: Hodnoty HMI a DMI pro maximální výkon

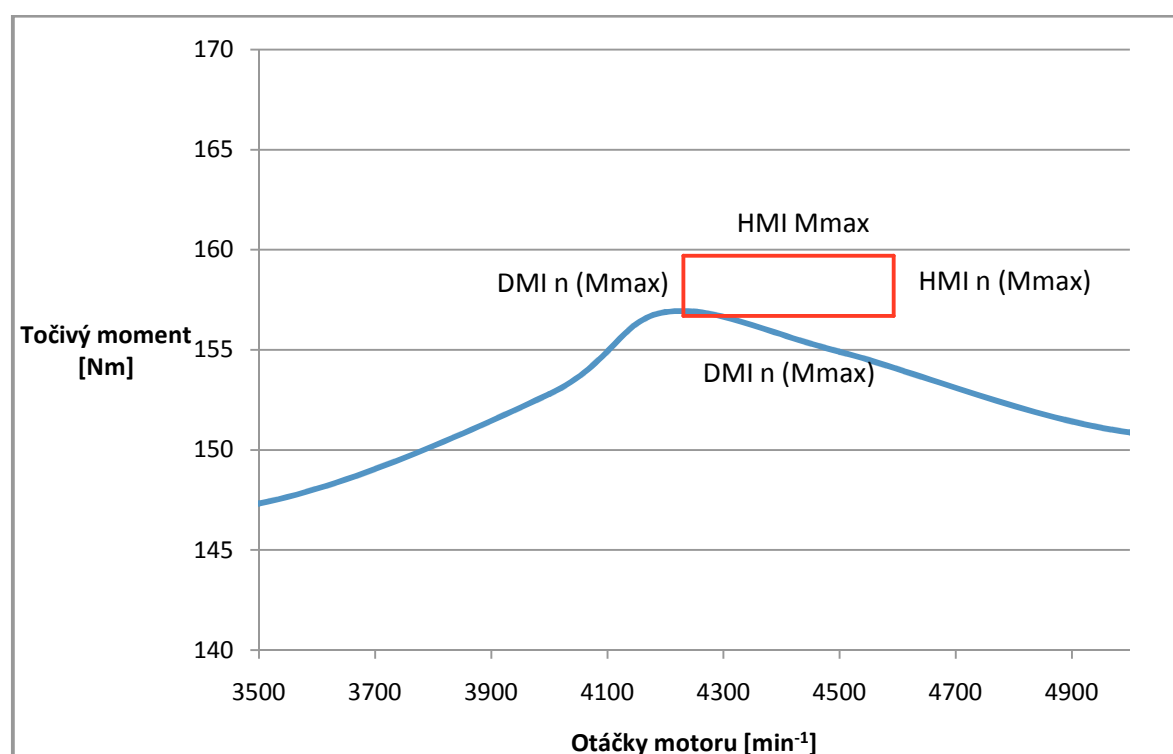
	Rozsah hodnot	
	P _{max} [kW]	n (P _{max})[min ⁻¹]
HMI	96,09	6361,58
DMI	89,91	6056,42

Tab. 5.1.4: Hodnoty HMI a DMI pro maximální točivý moment

	Rozsah hodnot	
	M _{max} [Nm]	n (M _{max})[min ⁻¹]
HMI	159,71	4593,08
DMI	156,69	4230,92



Obr. 5.1.2: Maximální hodnoty výkonu motoru vozidla Hyundai i30 1.6CVVT



Obr. 5.1.3: Maximální hodnoty točivého momentu motoru vozidla Hyundai i30 1.6CVVT

Z přiloženého grafu (Obr. 5.1.2) je vidět, v rozmezí jakých hodnot se po statistickém zpracování a připočtení statistických chyb nacházejí námi naměřené hodnoty maximálního výkonu a otáček při kterých byl tento výkon dosažen. Zelená čára značí průběh výkonu dle výrobce. Červeně ohraničená oblast vyznačuje HMI a DMI pro hodnoty naměřeného maximálního výkonu a otáček, při kterých byl tento výkon dosažen.

Na grafu (Obr. 5.1.3.) je modrou barvou zobrazen průběh točivého momentu motoru dle údajů výrobce. Červeně ohraničená oblast vymezuje hranice hodnot HMI a DMI maximálního točivého momentu po statistickém vyhodnocení údajů vozidla Hyundai i30 1.6CVVT.

Měřené vozidlo Hyundai i30 1.6CVVT dosahuje stejného výkonu jaký udává výrobce a dosahuje jej i ve stejných otáčkách. Mnou naměřený točivý moment vozidla je průměrně mírně vyšší než udává výrobce (+1,2 Nm), je však dosahován ve vyšších otáčkách než udává výrobce (+212 min⁻¹). Otáčky, při kterých má vozidlo výrobce dosáhnout maximálního točivého momentu, jsou 4200 min⁻¹. Tato hodnota neleží v intervalu mezních hodnot pro točivý moment.

Dále je provedeno zhodnocení průběhu jak výkonu, tak točivého momentu motoru. Hodnoty byly odečítány po otáčkách 500 min⁻¹ z protokolů o měření. Odečtené hodnoty byly následně statisticky zpracovány pomocí vzorců z kapitoly 4 a jsou vykresleny hodnoty HMI a DMI pro dané parametry motoru (výkon a točivý moment). V grafech jsou dále uvedeny průběhy parametrů motoru podle výrobce a také námi naměřené průměrná hodnota. V tabulkách (Tab. 5.1.5. a 5.1.6.) jsou uvedeny odečtené a vypočtené hodnoty pro vykreslení průběhu výkonu motoru. V dalších tabulkách (Tab. 5.1.7. a 5.1.8.) jsou uvedeny odečtené a vypočtené hodnoty pro vyhodnocení průběhu točivého momentu motoru. Výsledné průběhy výkonu a točivého momentu jsou vykresleny v samostatných grafech (Obr. 5.1.4. pro výkon, Obr. 5.1.6. pro točivý moment). Pro přehlednost jsou ze stejných hodnot vytvořeny sloupcové grafy mnou vypočtených intervalů v porovnání s údaji výrobce (Obr. 5.1.5. odchylky výkonu, Obr. 5.1.7 točivý moment).

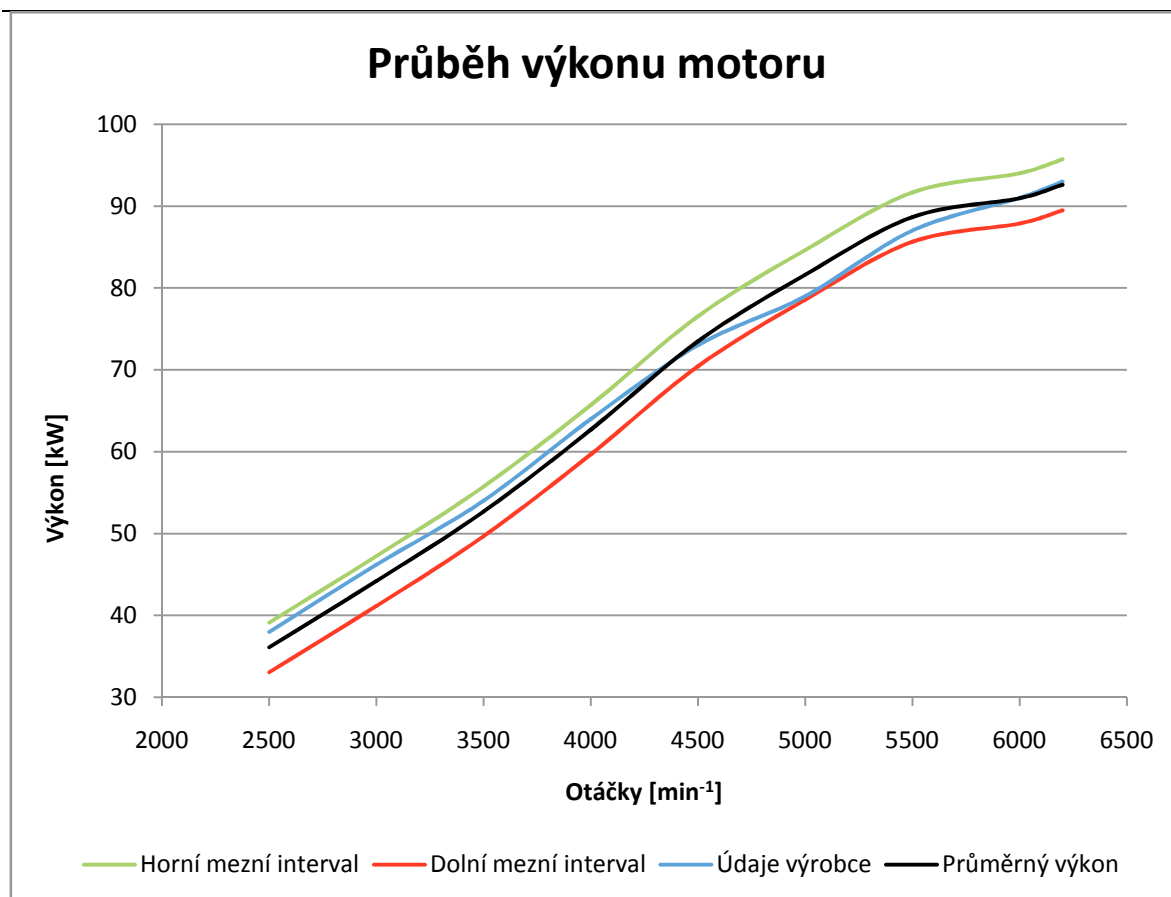
Tab. 5.1.5: Odečtené hodnoty výkonu motoru z jednotlivých měření (kW)

otáčky	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	č.6	č.7	č.8	č.9	č.10	průměr
2500	36	36	36	35	36	35	36	38	37	36	36,1
3000	44	45	45	44	43	43	43	46	45	44	44,2
3500	52	53	54	52	53	52	53	53	53	52	52,7
4000	63	62	64	63	63	62	62	63	63	62	62,7
4500	74	74	73	73	74	73	71	75	74	74	73,5
5000	80	81	82	81	82	83	81	82	82	82	81,6
5500	88	89	88	87	89	89	89,5	89	89	89	88,65
6000	91	91	92	90	91	91,5	88	93	91	91	90,95
6200	93	94	93	92	92	92,5	88	95	93	93,5	92,6

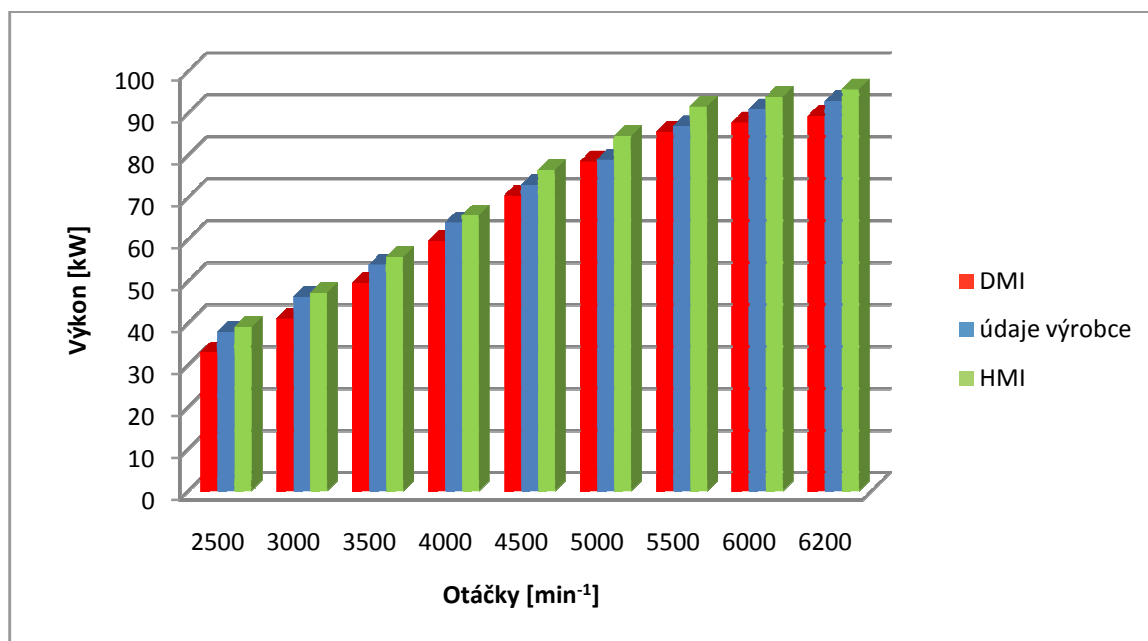
Tab. 5.1.6: Vypočtené hodnoty pro průběh výkonu (kW)

nejistota typu A	nejistota typu B	kombinovaná nejistota	HMI	DMI
0,88	6,00	6,07	39,13	33,07
1,03	6,00	6,09	47,25	41,15
0,67	6,00	6,04	55,72	49,68
0,67	6,00	6,04	65,72	59,68
1,08	6,00	6,10	76,55	70,45
0,84	6,00	6,06	84,63	78,57
0,75	6,00	6,05	91,68	85,62
1,30	6,00	6,14	94,02	87,88
1,85	6,00	6,28	95,74	89,46

Ze získaného průběhu výkonu motoru (Obr. 5.1.4.) je patrné, že v otáčkách od 2500 do 3500 min^{-1} se údaje výrobce přibližují námi vypočtené HMI výkonu, poté výkon udávaný výrobcem klesá a při otáčkách 5000 min^{-1} se blíží DMI. V nejvyšších dosažitelných otáčkách se shodují údaje výrobce se mnou naměřenou průměrnou hodnotou výkonu. Výkon motoru v celém měřeném otáčkovém rozsahu neupouští mnou vypočtené intervaly HMI a DMI.



Obr. 5.1.4: Průběh výkonu motoru vozidla Hyundai i30 1.6CVVT



Obr. 5.1.5: Hodnoty výkonu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky

Tab. 5.1.7: Odečtené hodnoty točivého momentu z jednotlivých měření (Nm)

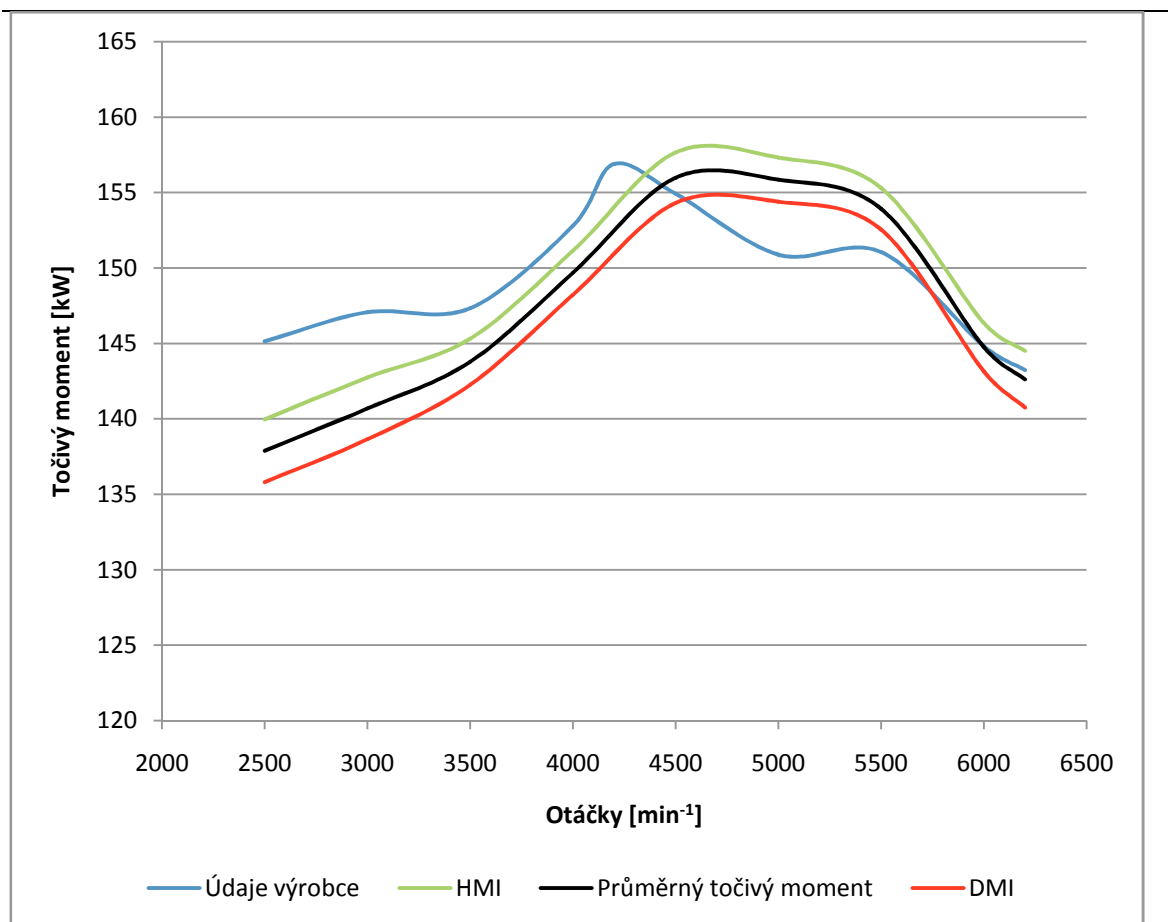
otáčky	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	č.6	č.7	č.8	č.9	č.10	průměr
2500	138	138	138	134	138	134	138	145	141	138	138
3000	140	143	143	140	137	137	137	146	143	140	141
3500	142	145	147	142	145	142	145	145	145	142	144
4000	150	148	153	150	150	148	148	150	150	148	150
4500	157	157	155	155	157	155	151	159	157	157	156
5000	153	155	157	155	157	159	155	157	157	157	156
5500	153	155	153	151	155	155	155	155	155	155	154
6000	145	145	146	143	145	146	140	148	145	145	145
6200	143	145	143	142	142	142	136	146	143	144	143

Tab. 5.1.8: Vypočtené hodnoty pro průběh točivého momentu (Nm)

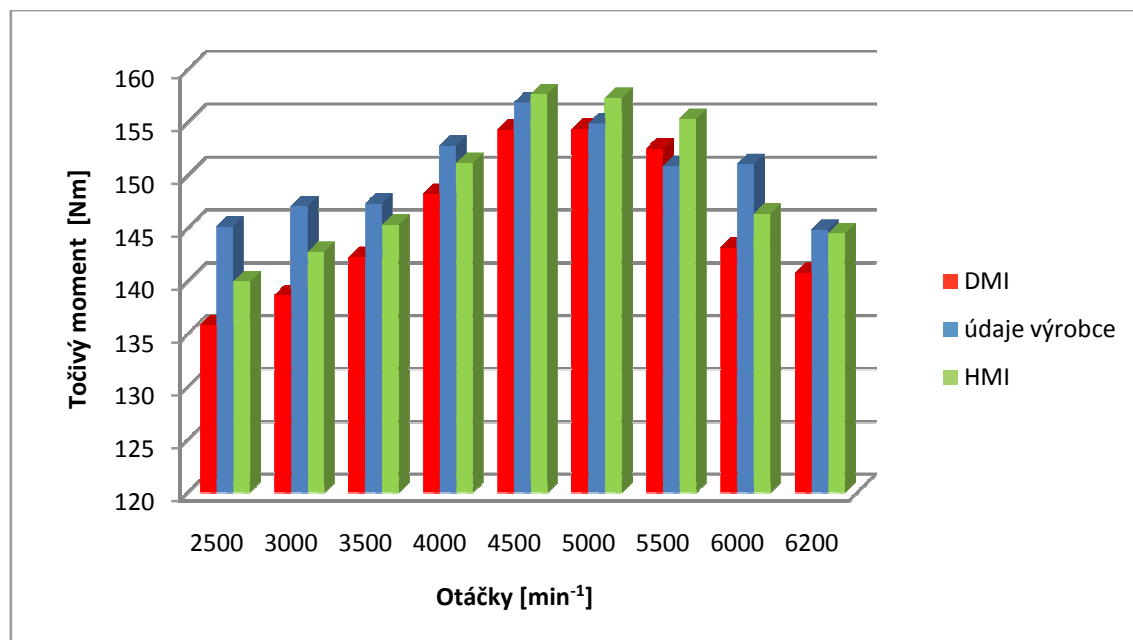
nejistota typu A	nejistota typu B	kombinovaná nejistota	HMI	DMI
3,34	2,45	4,15	139,97	135,82
3,29	2,45	4,10	142,74	138,64
1,84	2,45	3,07	145,32	142,25
1,61	2,45	2,93	151,15	148,22
2,29	2,45	3,36	157,65	154,29
1,61	2,45	2,93	157,31	154,38
1,30	2,45	2,77	155,30	152,53
2,07	2,45	3,21	146,36	143,15
2,85	2,45	3,76	144,50	140,74

V grafu (Obr. 5.1.6.) je na první pohled patrný rozdílný tvar průběhu točivého momentu mnou naměřených hodnot a hodnot udávaných výrobcem. Do otáček 4100 min^{-1} jsou hodnoty výrobce vyšší než námi naměřené a nenacházejí se ve vymezeném intervalu hodnot. Následně však námi naměřené hodnoty převyšují hodnoty výrobce (v otáčkách 500 min^{-1} je průměrná naměřená hodnota o 5 Nm vyšší než udává výrobce). Od otáček 5500 min^{-1} jsou hodnoty točivého momentu mezi vypočítanými intervaly.

Vozidlo dosahuje uváděných maximálních hodnot výkonu a točivého momentu. Průběh výkonu se pohybuje v určených intervalech, avšak průběh točivého momentu motoru se značně liší. Důvodem může být nízký kilometrický průběh vozidla, vozidlo je určeno k výuce a nemá povolení pro provoz na pozemních komunikacích. Jedním z dalších důvodů může být, že vozidlo je vyrobeno v období náběhu výroby továrny Hyundai v Nošovicích.

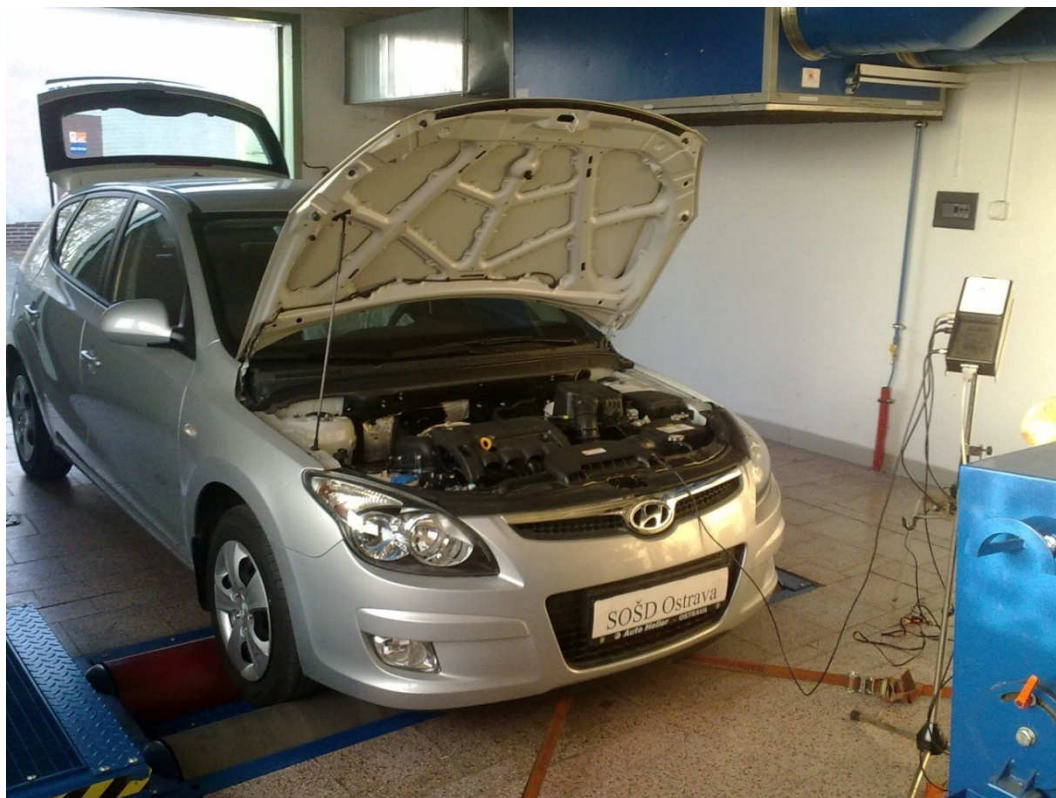


Obr. 5.1.6: Průběh točivého momentu vozidla Hyundai i30 1.6CVVT



Obr. 5.1.7: Hodnoty točivého momentu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky

5.2 Hyundai i30 1.6 CVVT (2)



Obr. 5.2.1: Hyundai i30 1.6CVVT (2)

Tab. 5.2.1: Technické údaje vozidla Hyundai i30 1.6CVVT (2)

Rok výroby	2009	
Stav tachometru	120	km
Typ motoru	zážehový	
Zdvihový objem motoru	1591	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	93	kW
při otáčkách	6200	min ⁻¹
Točivý moment motoru	157	Nm
při otáčkách	4200	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1268	kg
Užitečná hmotnost	452	kg
Délka	4245	mm
Šířka	1775	mm
Výška	1480	mm
Rozvor	2650	mm
Rozměr pneu	195/65 R15	
Datum měření	30.3.2011	

Tab. 5.2.3: Hodnoty HMI a DMI pro maximální výkon

	Rozsah hodnot	
	P _{max} [kW]	n (P _{max}) [min ⁻¹]
HMI	95,43	6512,08
DMI	89,37	6265,92

Tab. 5.2.4: Hodnoty HMI a DMI pro maximální točivý moment

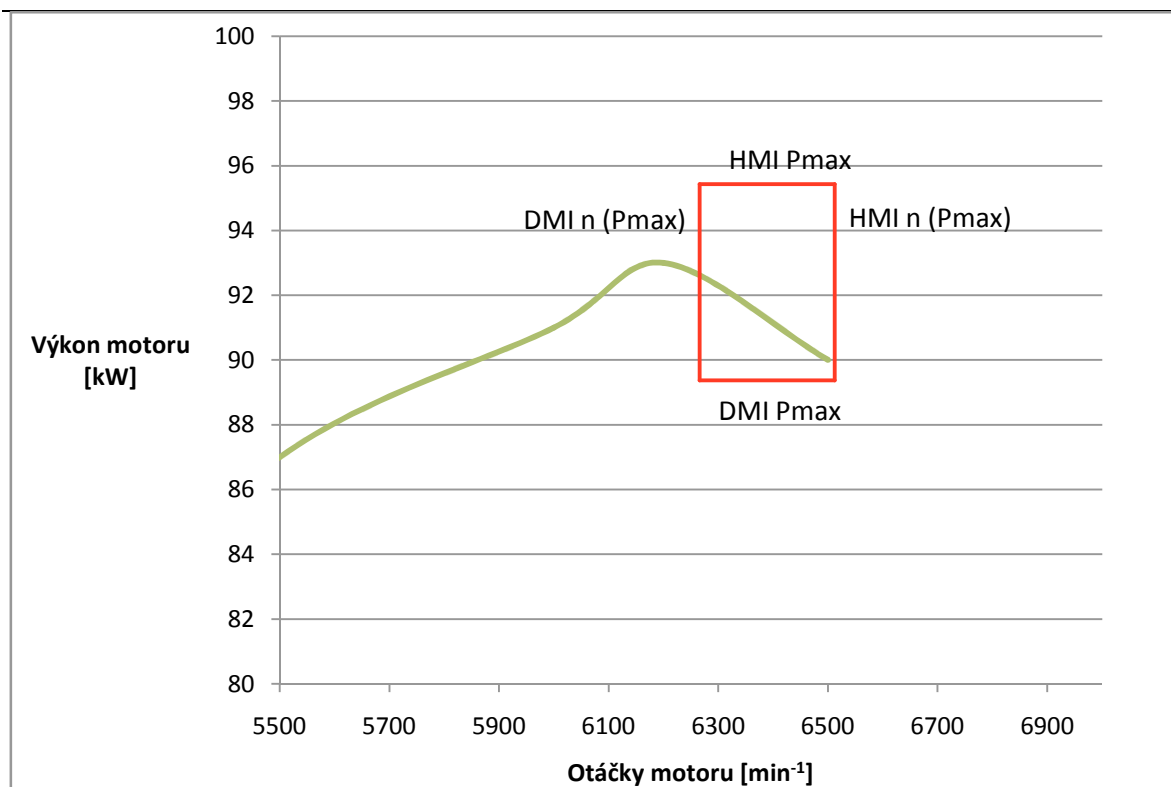
	Rozsah hodnot	
	M _{max} [Nm]	n (M _{max}) [min ⁻¹]
HMI	156,62	4423,21
DMI	153,58	4186,79

Vozidlo Hyundai i30 1.6 CVVT (2) je vybaveno stejným motorem jako vozidlo předchozí. Kilometrický průběh je nízký vzhledem k určení vozidla pro výuku automechaniků a neschválení pro provoz na pozemních komunikacích. Mnou naměřené maximální hodnoty P_{max} byly průměrně nižší než udává výrobce (- 0,7 kW) a byly dosahovány průměrně ve vyšších otáčkách (+189 min⁻¹). Hodnota průměrných otáček při P_{max} se nenachází ve mnou vymezeném intervalu. M_{max} vozidla nedosahuje hodnoty udávané výrobcem (průměrně 155,1 Nm). M_{max} udávaný výrobcem je vyšší než mnou vypočtená hodnota HMI pro točivý moment. Otáčky, při kterých je M_{max} dosaženo se blíží vypočtené hodnotě DMI.

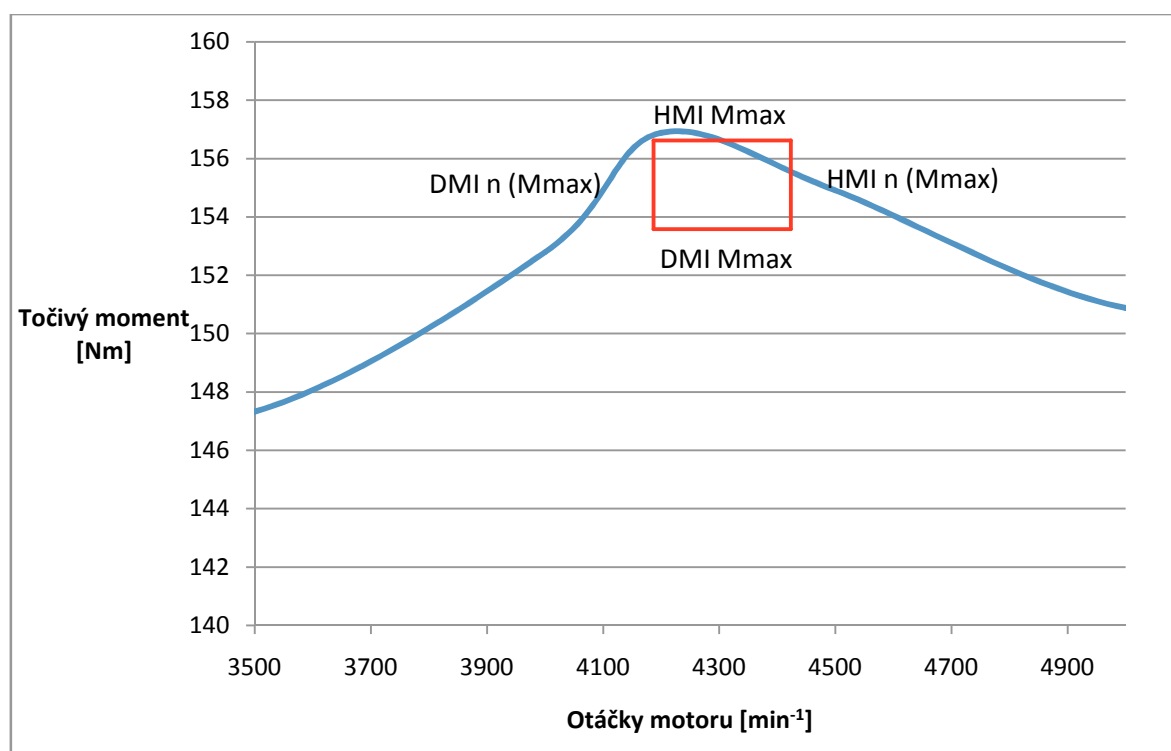
Průběh výkonu motoru dle výrobce leží v celém měřeném otáčkovém rozsahu v určených intervalech HMI a DMI. V oblasti, kde má motor dosáhnout P_{max} (6200 min⁻¹) jsou však naměřené hodnoty nižší než udává výrobce.

Průběh točivého momentu je v otáčkách do 4000 min⁻¹ nižší než udává výrobce a nenachází se ve vymezeném intervalu hodnot (při cca 3400 min⁻¹ je naměřená průměrná hodnota o 8 Nm nižší než udává výrobce). Mezi otáčkami 4500 až 5500 min⁻¹ jsou průměrné naměřené hodnoty točivého momentu téměř shodné s údaji výrobce, se zvyšujícími otáčkami se však naměřené hodnoty vůči udávaným snižují.

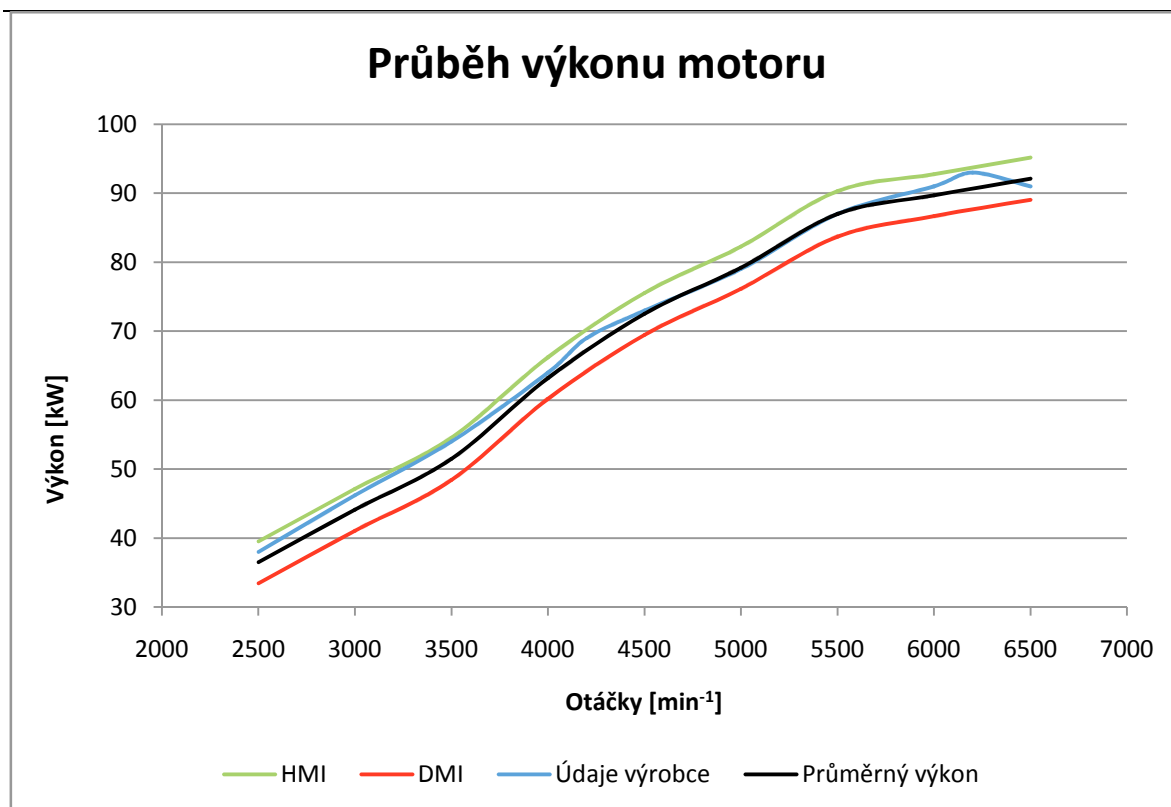
Naměřené hodnoty P_{max} leží ve vymezeném intervalu pro rozsah výkonu, ale je potřeba dosáhnout vyšších otáček motoru. Vozidlo nedosahuje udávaného M_{max}. Průběh výkonu motoru se blíží výrobcem dané charakteristice. Průběh točivého momentu je až na pásmo mezi 4500 až 5500 min⁻¹ odlišný než údaje výrobce, naměřené hodnoty jsou nižší.



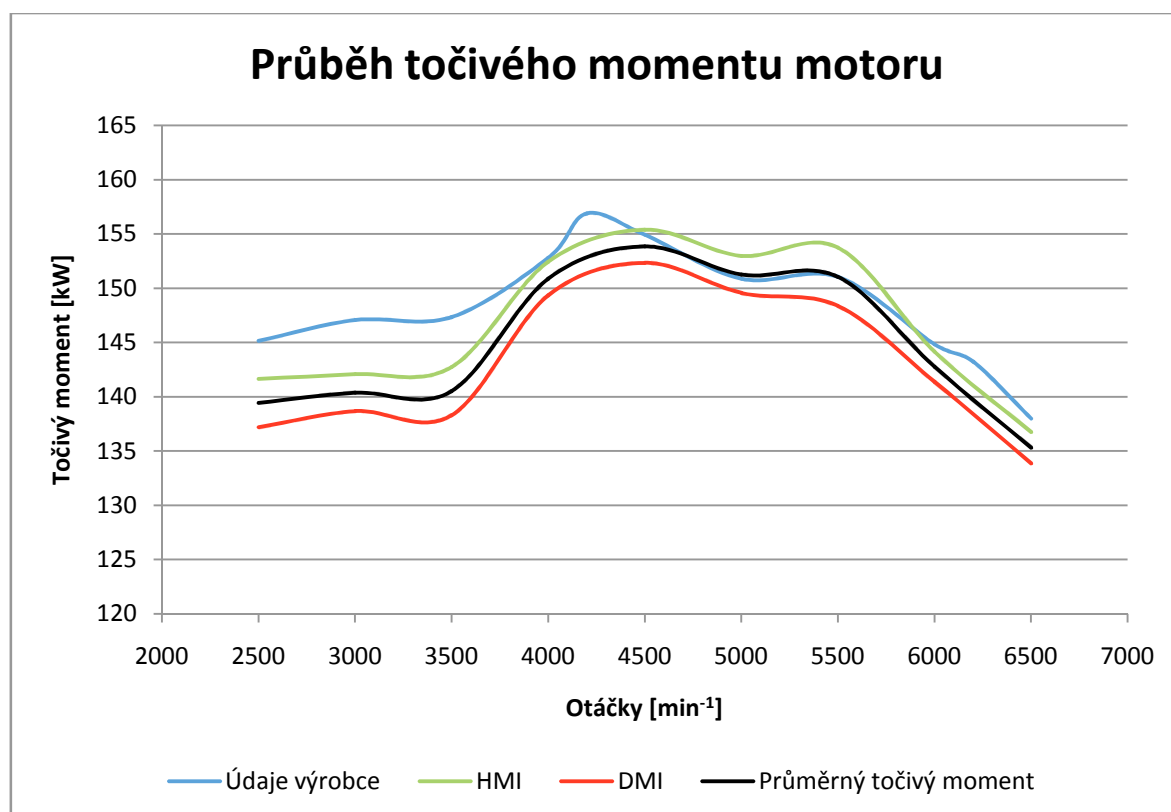
Obr. 5.2.2: Maximální hodnoty výkonu motoru vozidla Hyundai i30 1.6CVVT (2)



Obr. 5.2.3: Maximální hodnoty točivého momentu motoru vozidla Hyundai i30 1.6CVVT (2)



Obr. 5.2.4: Průběh výkonu motoru vozidla Hyundai i30 1.6CVVT



Obr. 5.2.6: Průběh točivého momentu vozidla Hyundai i30 1.6CVVT

5.3 Hyundai i30 2.0CRDi



Obr. 5.3.1: Hyundai i30 2.0CRDi

Tab. 5.3.1: Technické údaje vozidla Hyundai i30 2.0CRDi

Rok výroby	2009	
Stav tachometru	500	km
Typ motoru	vznětový přeplňovaný	
Zdvihový objem motoru	1991	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	6 + 1	
Výkon motoru	103	kW
při otáčkách	3800	min ⁻¹
Točivý moment motoru	305	Nm
při otáčkách	1800 - 2500	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1429 - 1534	kg
Užitečná hmotnost	366 - 471	kg
Délka	4245	mm
Šířka	1775	mm
Výška	1480	mm
Rozvor	2650	mm
Rozměr pneu	195/65 R15	
Datum měření	11.4.2011	

Tab. 5.3.3: Hodnoty HMI a DMI pro maximální výkon

	Rozsah hodnot	
	P _{max} [kW]	n (P _{max}) [min ⁻¹]
HMI	111,72	4032,94
DMI	104,88	3779,06

Tab. 5.3.4: Hodnoty HMI a DMI pro maximální točivý moment

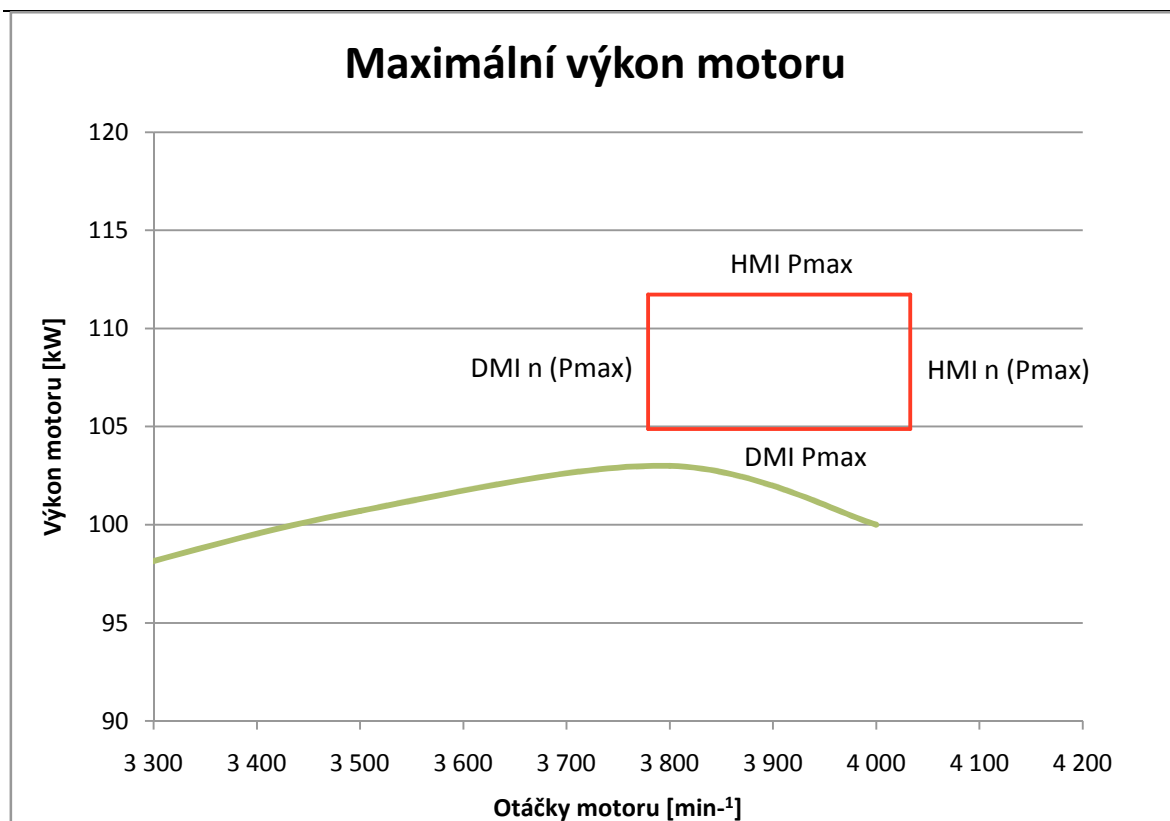
	Rozsah hodnot	
	M _{max} [Nm]	n (M _{max}) [min ⁻¹]
HMI	317,18	2556,37
DMI	309,22	2287,63

Měřené vozidlo Hyundai i30 se vznětovým motorem dosahovalo hodnot P_{max} vyšších než udává výrobce (průměrných 108,3 oproti udávaným 103 kW), DMI pro P_{max} je o 1,88 kW vyšší. Otáčky, při kterých bylo P_{max} dosahováno leží průměrně výše, než udává výrobce (3906 vs. 3800 min⁻¹) hodnota výrobce však leží ve vypočteném intervalu mezních hodnot. Stejně jako P_{max}, tak i dosahovaná hodnota M_{max} byla vyšší než udává výrobce (průměrně 313,2 vs 305 Nm). M_{max} bylo dosahováno ve větším rozptylu hodnot (2210 až 2570 min⁻¹), po statistickém zpracování však otáčky udávané výrobcem pro M_{max} neleží ve vypočteném intervalu hodnot (DMI 2287 vs. udávaných 2250 min⁻¹).

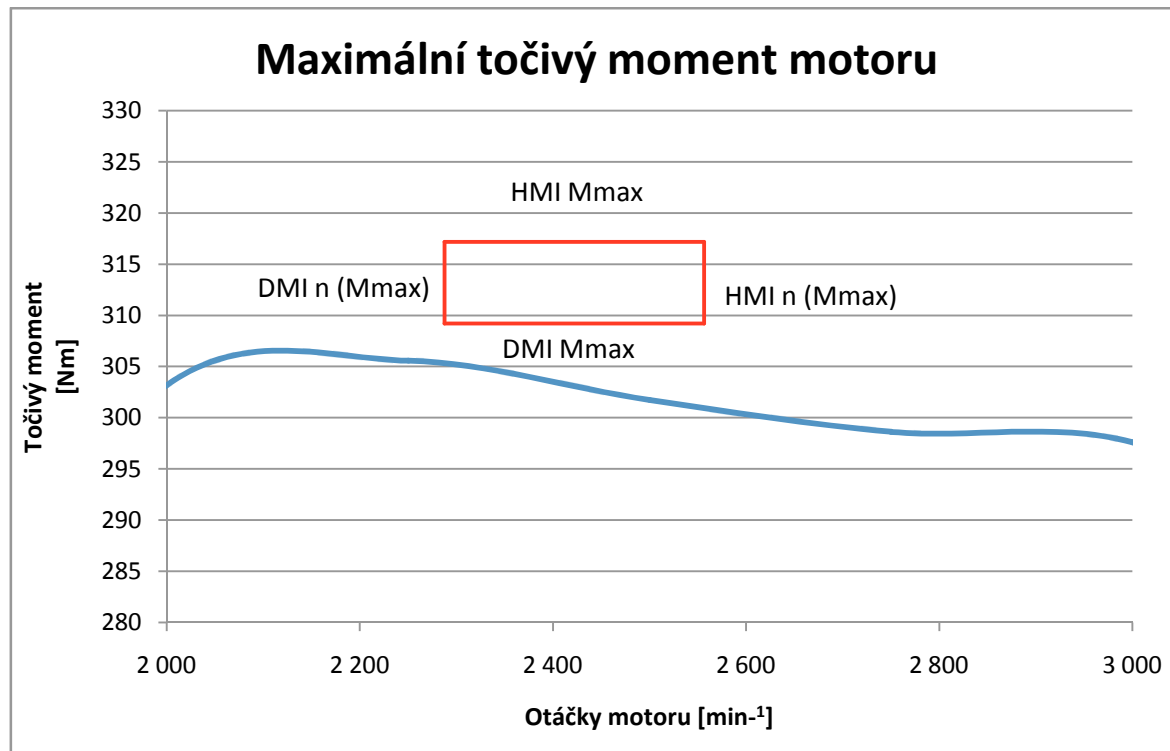
Průběh výkonu motoru dle výrobce leží v určeném intervalu hodnot mezi otáčkami 1750 až 3250 min⁻¹, téměř kopíruje průměrné hodnoty. Po překročení otáček 3500 min⁻¹ však měřený výkon převyšuje udávané hodnoty, jak je patrné z naměřených hodnot P_{max}.

Průběh točivého momentu dle údajů výrobce je v daných mezích pouze do otáček 2000 min⁻¹, poté naměřené hodnoty převyšují udávané (při 2500 min⁻¹ průměrných 312 oproti udávaným 302 Nm). Od otáček 2750 do 3400 min⁻¹ leží udávané hodnoty v naměřeném intervalu, následně jsou pak až do maximálních otáček 4000 min⁻¹ vyšší.

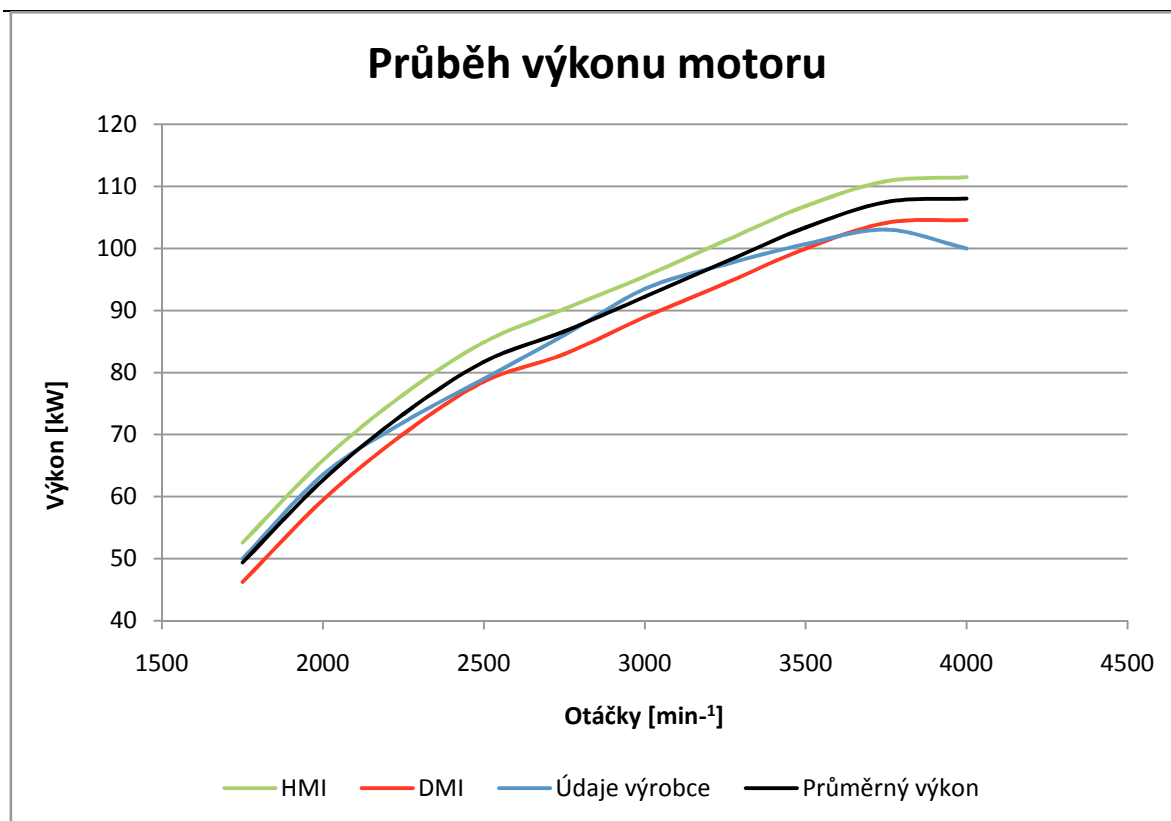
Vozidlo dosahuje vyšších hodnot P_{max} i M_{max} než udává výrobce. Průběh výkonu se až do otáček 3500 min⁻¹ pohybuje ve vypočtených intervalech poté však převyšuje hodnoty udávané výrobcem (průměrně 105% hodnoty udávané výrobcem). Průběh točivého momentu se pohybuje až na hodnoty kolem otáček 3000 min⁻¹ nad hodnotami udávanými výrobcem.



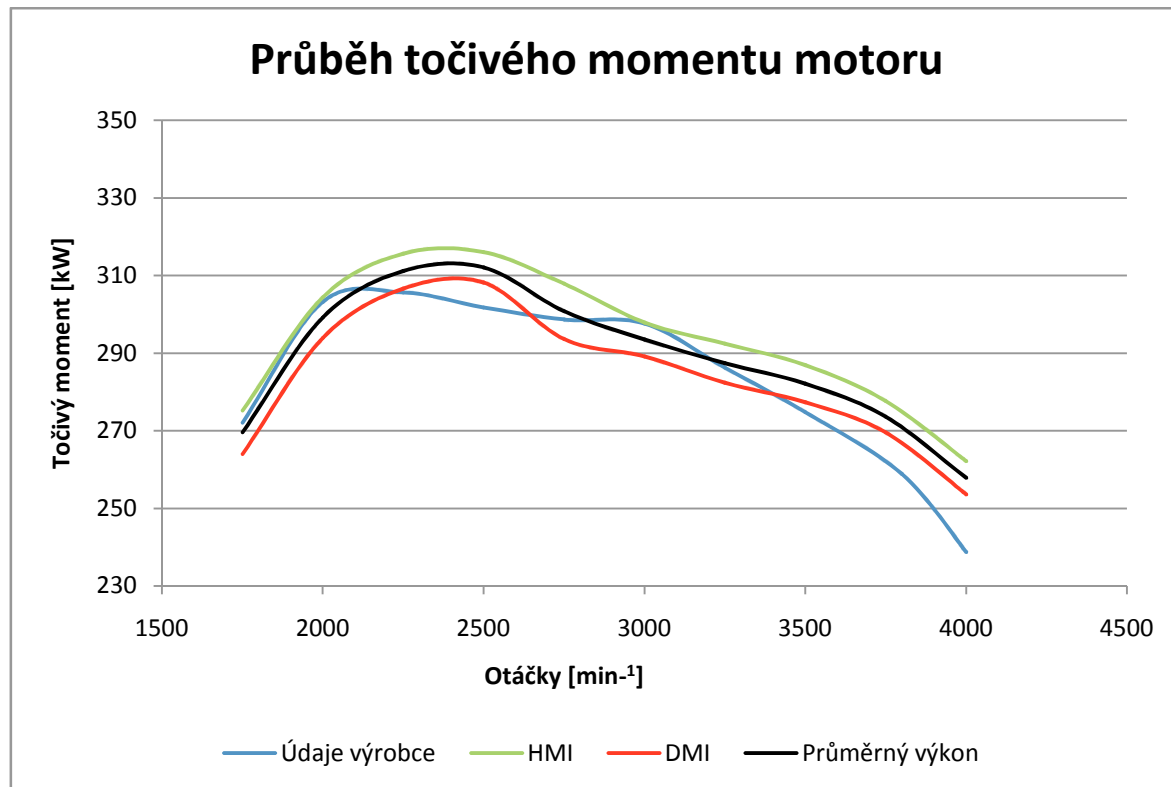
Obr. 5.3.2: Maximální hodnoty výkonu motoru vozidla Hyundai i30 2.0CRDi



Obr. 5.3.3: Maximální hodnoty točivého momentu motoru vozidla Hyundai i30 2.0CRDi

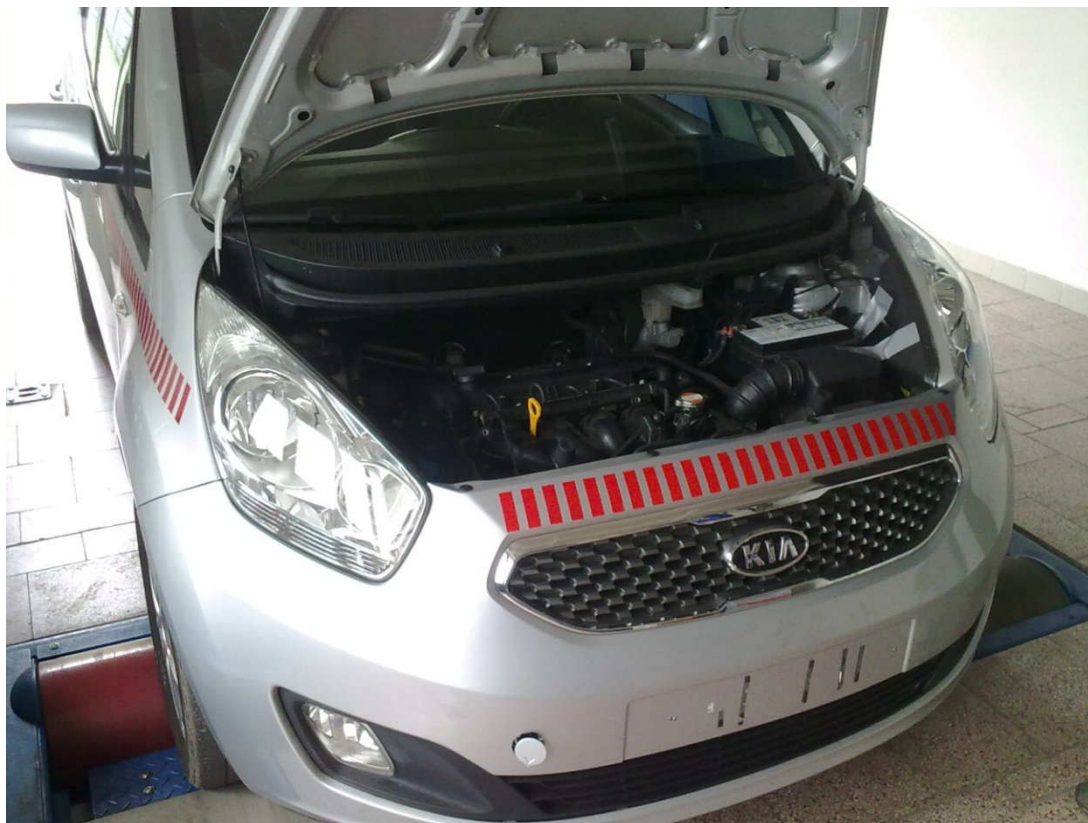


Obr. 5.3.4: Průběh výkonu motoru vozidla Hyundai i30 2.0CRDi



Obr. 5.3.6: Průběh točivého momentu vozidla Hyundai i30 2.0CRDi

5.4 Kia Venga 1.6 CVVT



Obr. 5.4.1: Kia Venga 1.6 CVVT

Tab. 5.4.1: Technické údaje vozidla Kia Venga 1.6 CVVT

Rok výroby	2010	
Stav tachometru	38 300	km
Typ motoru	zážehový	
Zdvihový objem motoru	1591	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	92	kW
při otáčkách	6300	min ⁻¹
Točivý moment motoru	157	Nm
při otáčkách	4200	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1255	kg
Užitečná hmotnost	455	kg
Délka	4068	mm
Šířka	1765	mm
Výška	1600	mm
Rozvor	2615	mm
Rozměr pneu	205/55 R16	
Datum měření	11.4.2011	

Tab. 5.4.3: Hodnoty HMI a DMI pro maximální výkon

	Rozsah hodnot	
	P _{max} [kW]	n (P _{max})[min ⁻¹]
HMI	97,88	6701,02
DMI	91,82	6366,98

Tab. 5.4.4: Hodnoty HMI a DMI pro maximální točivý moment

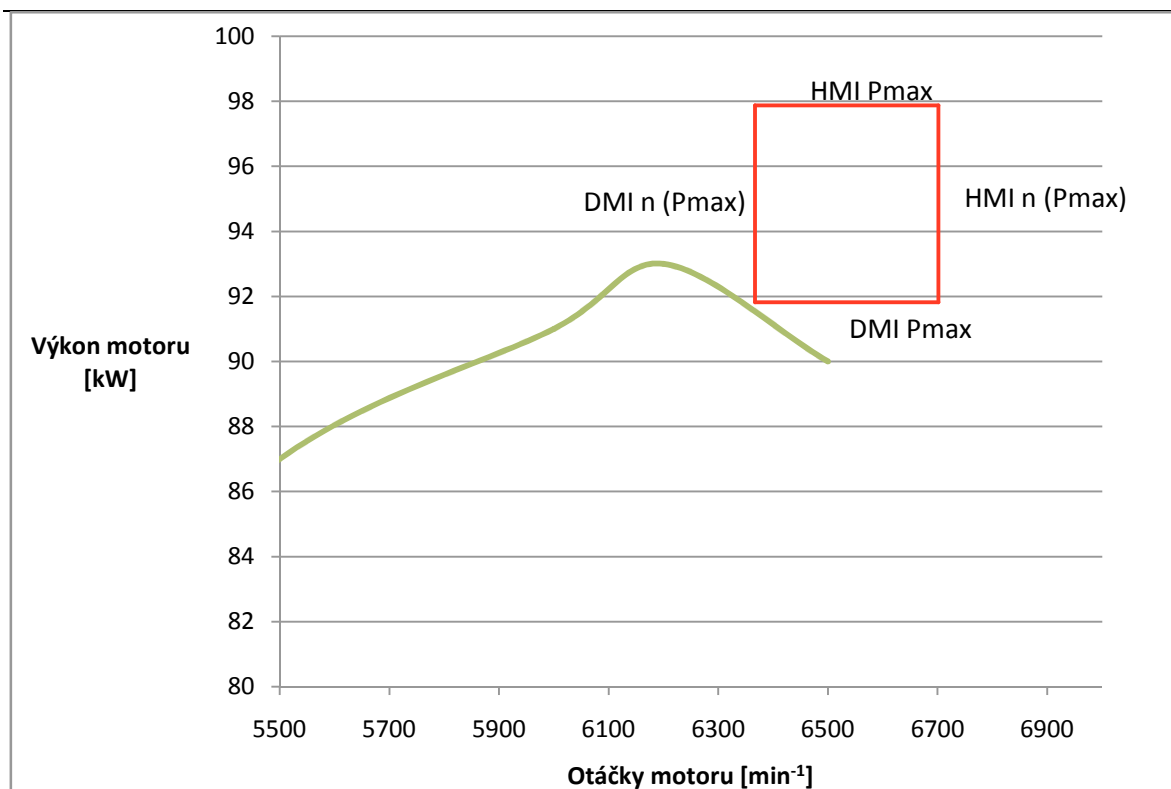
	Rozsah hodnot	
	M _{max} [Nm]	n (M _{max})[min ⁻¹]
HMI	156,00	4541,73
DMI	152,00	4290,27

Vozidlo Kia Venga dosahuje udávaných hodnot P_{max}, je však potřeba vyšších otáček než udává výrobce (průměr 6543 vs. udávaných 6300 min⁻¹). Udávaná hodnota otáček pro P_{max} neleží v námi určeném intervalu hodnot. Udávaná hodnota M_{max} je vyšší než námi naměřené hodnoty (udávaných 157 vs. průměrně naměřených 154 Nm). Naměřené otáčky při M_{max} jsou vyšší než udává výrobce (průměrných 4416 vs. udávaných 4200 min⁻¹). Hodnoty M_{max} ani otáčky, při kterých má být tohoto maxima dosahováno neleží v mnou určeném intervalu hodnot.

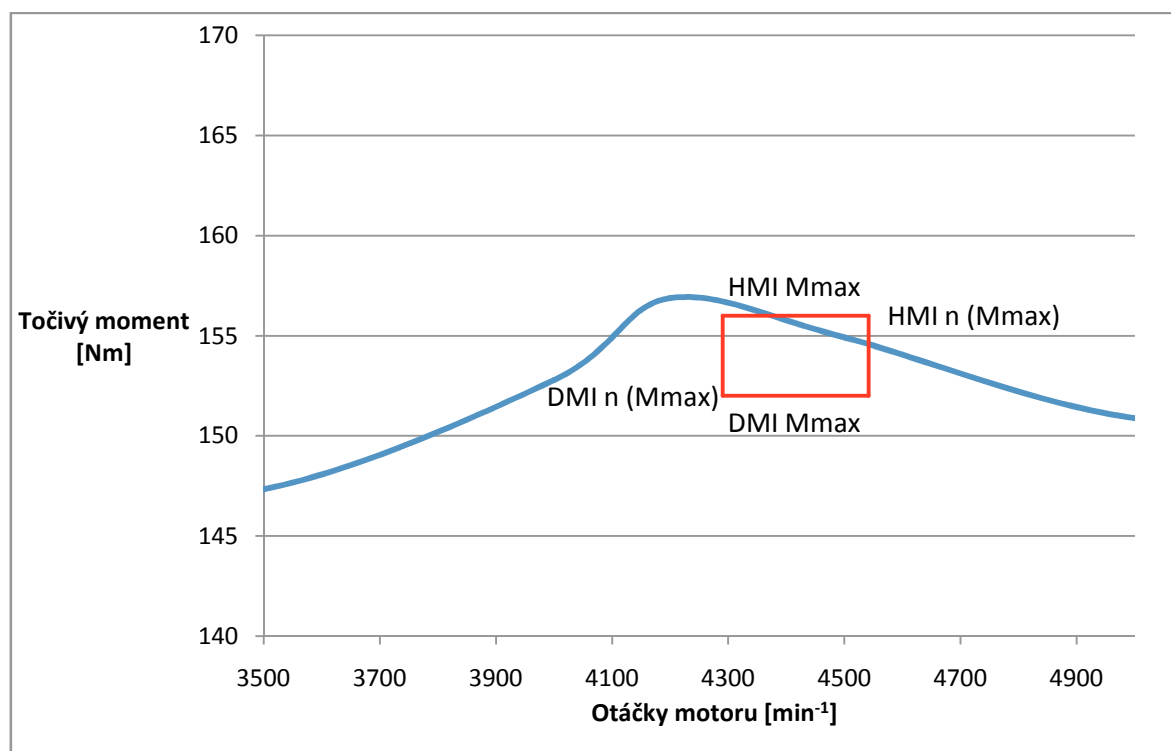
Průběh výkonu motoru dle výrobce se až na rozmezí otáček 6000 až 6500 min⁻¹ velmi blíží mnou naměřeným hodnotám. Mezi otáčkami 6000 až 6500 min⁻¹ však mnou naměřený výkon neklesá tak jak udává výrobce. To vysvětluje vyšší otáčky potřebné pro dosažení P_{max}.

Udávaný točivý moment se téměř v celém měřeném otáčkovém rozsahu pohybuje ve vypočtených intervalech HMI a DMI. Vyjímkou jsou otáčky kolem 4200 min⁻¹, kde má být dle výrobce dosaženo M_{max}. Námi naměřená hodnoty v těchto otáčkách nedosahují hodnot udávaných výrobcem.

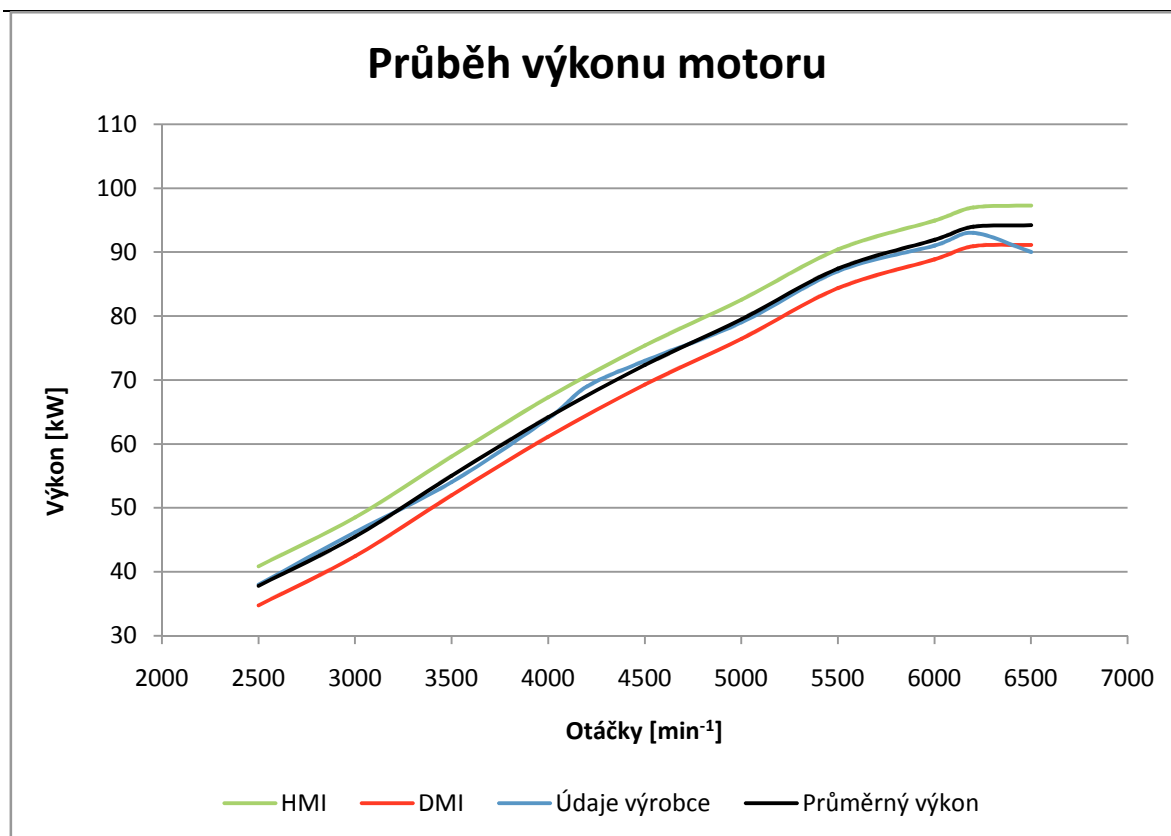
Vozidlo dosahuje P_{max} udávaného výrobcem, pro jeho dosažení jsou však potřebné vyšší otáčky, než udává výrobce. Naměřený M_{max} nedosahoval hodnot udávaných výrobcem a samotný vrchol M_{max} byl posunut stejně jako P_{max} do vyšších otáček než udává výrobce vozidla.



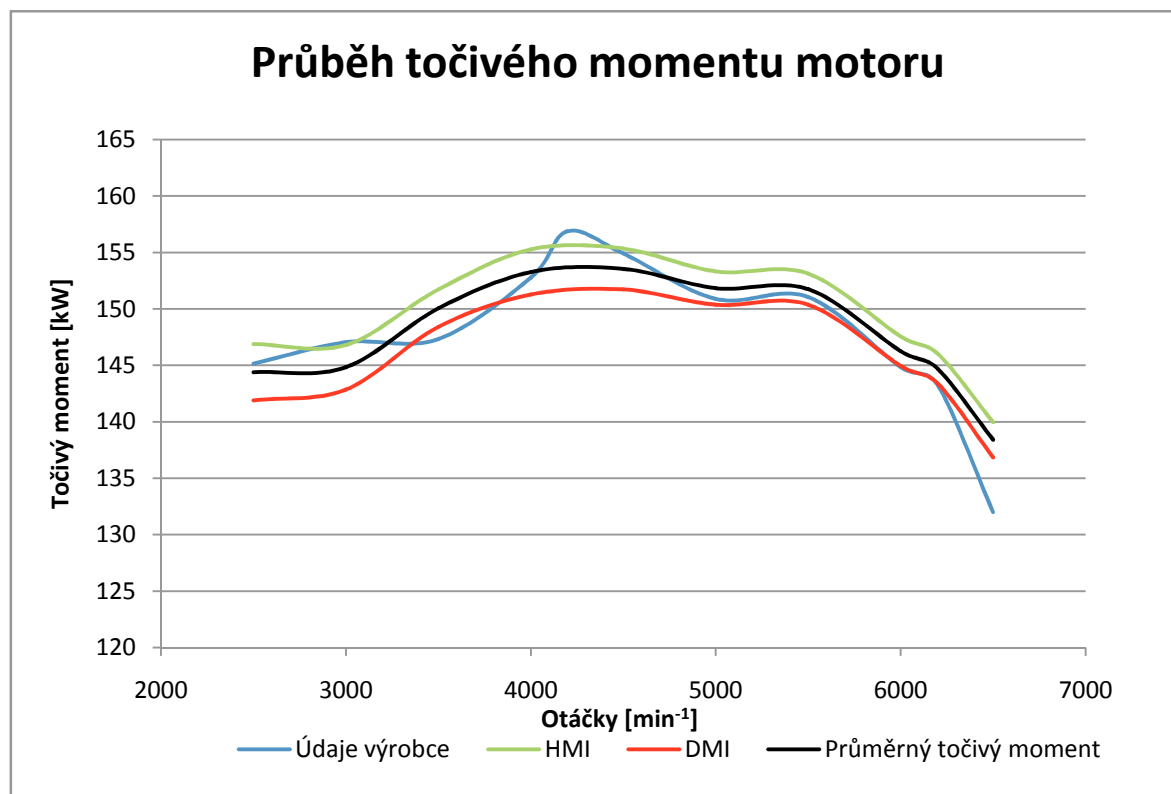
Obr. 5.4.2: Maximální hodnoty výkonu motoru vozidla Kia Venga 1.6 CVVT



Obr. 5.4.3: Maximální hodnoty točivého momentu motoru vozidla Hyundai i30 1.6 CVVT



Obr. 5.4.4: Průběh výkonu motoru vozidla Kia Venga 1.6 CVVT



Obr. 5.4.6: Průběh točivého momentu vozidla Kia Venga 1.6 CVVT

5.5 Peugeot 207 1.4 8V



Obr. 5.5.1: Peugeot 207 1.4 8V

Tab. 5.5.1: Technické údaje vozidla Peugeot 207 1.4 8V

Rok výroby	2007	
Stav tachometru	27300	km
Typ motoru	zážehový	
Zdvihový objem motoru	1360	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	8	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	54	kW
při otáčkách	5400	min ⁻¹
Točivý moment motoru	118	Nm
při otáčkách	3300	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1213	kg
Užitečná hmotnost	367	kg
Délka	4030	mm
Šířka	1720	mm
Výška	1473	mm
Rozvor	2540	mm
Rozměr pneu	185/65 R15	
Datum měření	30.3.2011	

Tab. 5.5.3: Hodnoty HMI a DMI pro maximální výkon

	Rozsah hodnot	
	P _{max} [kW]	n (P _{max})[min ⁻¹]
HMI	60,71	5476,34
DMI	54,69	5167,66

Tab. 5.5.4: Hodnoty HMI a DMI pro maximální točivý moment

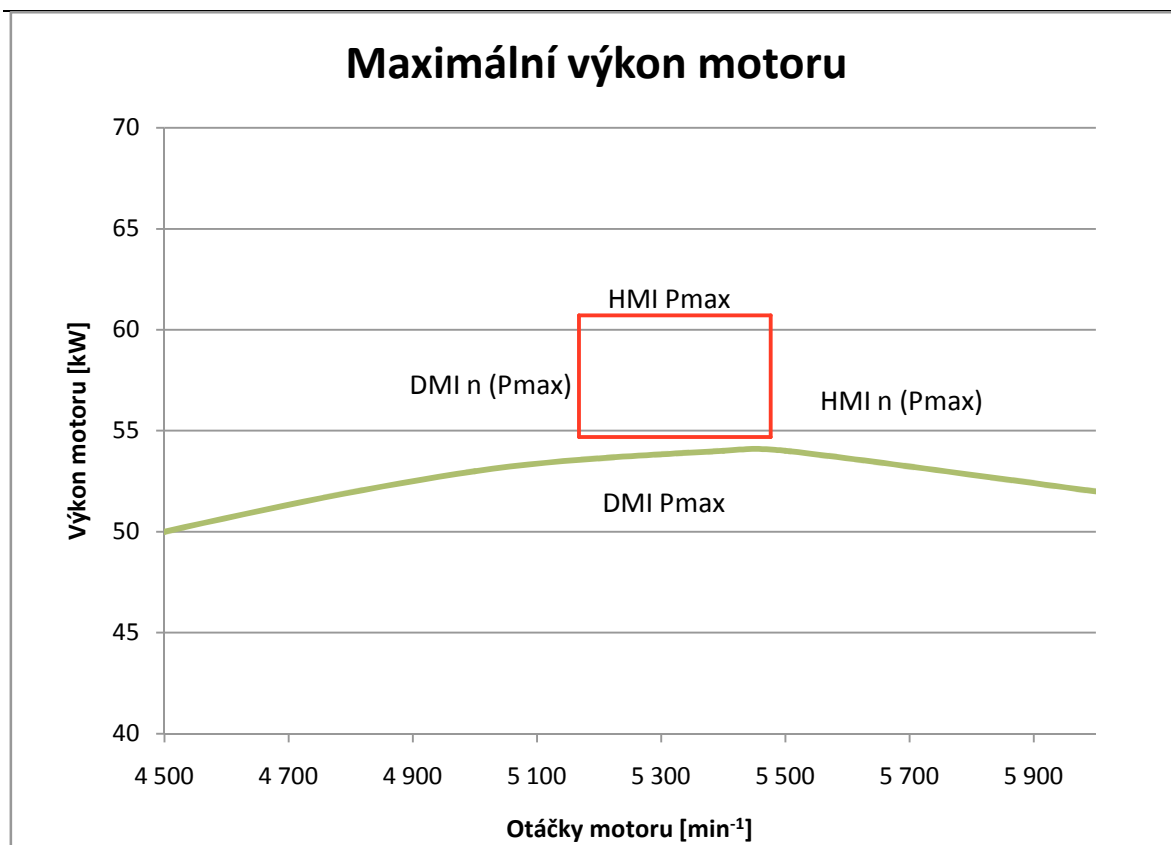
	Rozsah hodnot	
	M _{max} [Nm]	n (M _{max})[min ⁻¹]
HMI	123,44	3566,26
DMI	119,76	3309,74

Vozidlo Peugeot 207 1.4 8V dosáhlo při všech měřeních vyššího P_{max} než udává výrobce (průměrně 57,7 vs. udávaných 54 kW). Otáčky potřebné pro dosažení P_{max} byly průměrně nižší, než udává výrobce (5322 vs. 5400 min⁻¹) tato hodnota však leží mezi hodnotami HMI a DMI. Stejně jako P_{max}, tak i hodnota M_{max} byla průměrně vyšší než udává výrobce (121,6 vs. 118 Nm), toto maximum se ale nacházelo ve vyšších otáčkách než udává výrobce (3438 vs. 3300 min⁻¹). Hodnota udávaná výrobcem se tedy těsně nenachází ve vypočteném intervalu hodnot.

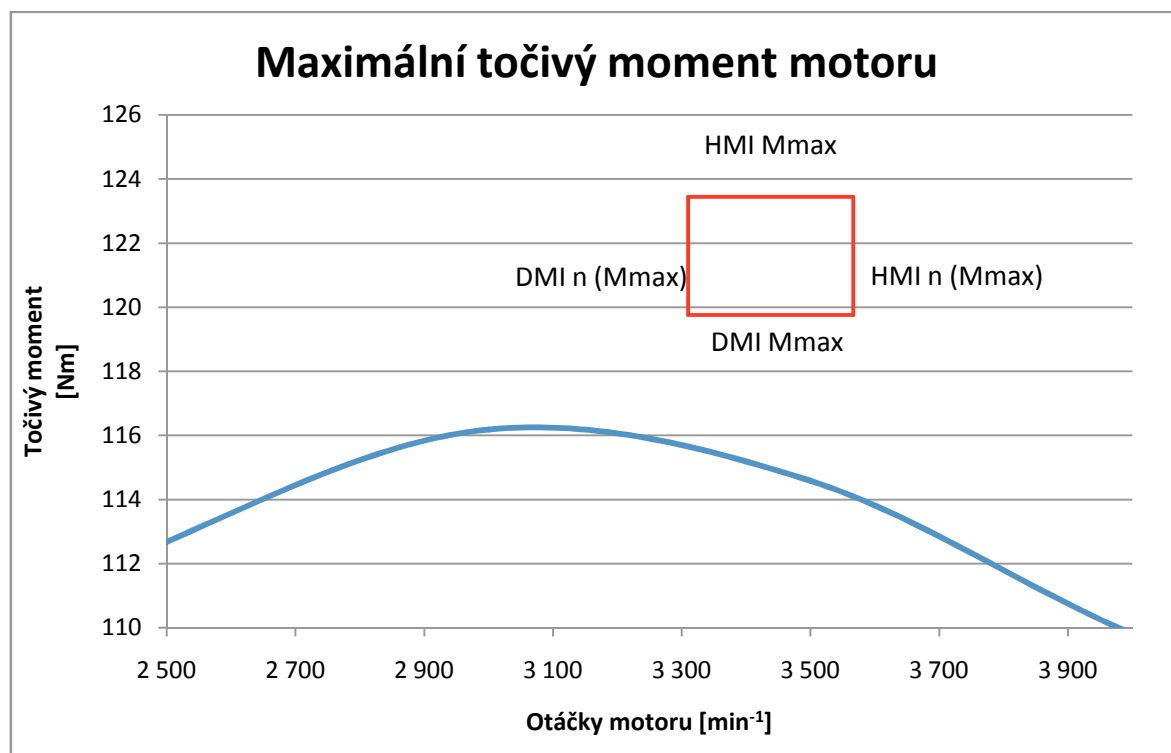
Průběh výkonu motoru do otáček 3500 min⁻¹ kopíruje mnou naměřenou průměrnou hodnotu výkonu. Od těchto otáček se však udávaná hodnota blíží k hodnotě DMI pro výkon až do maximálních otáček.

Naměřený točivý moment je v otáčkách do 2750 min⁻¹ nižší než udává výrobce, po překročení těchto otáček však měřené hodnoty stoupají až nad udávané hodnoty. Až do maximálních otáček pak motor poskytuje o více než 5 Nm více, než udává výrobce.

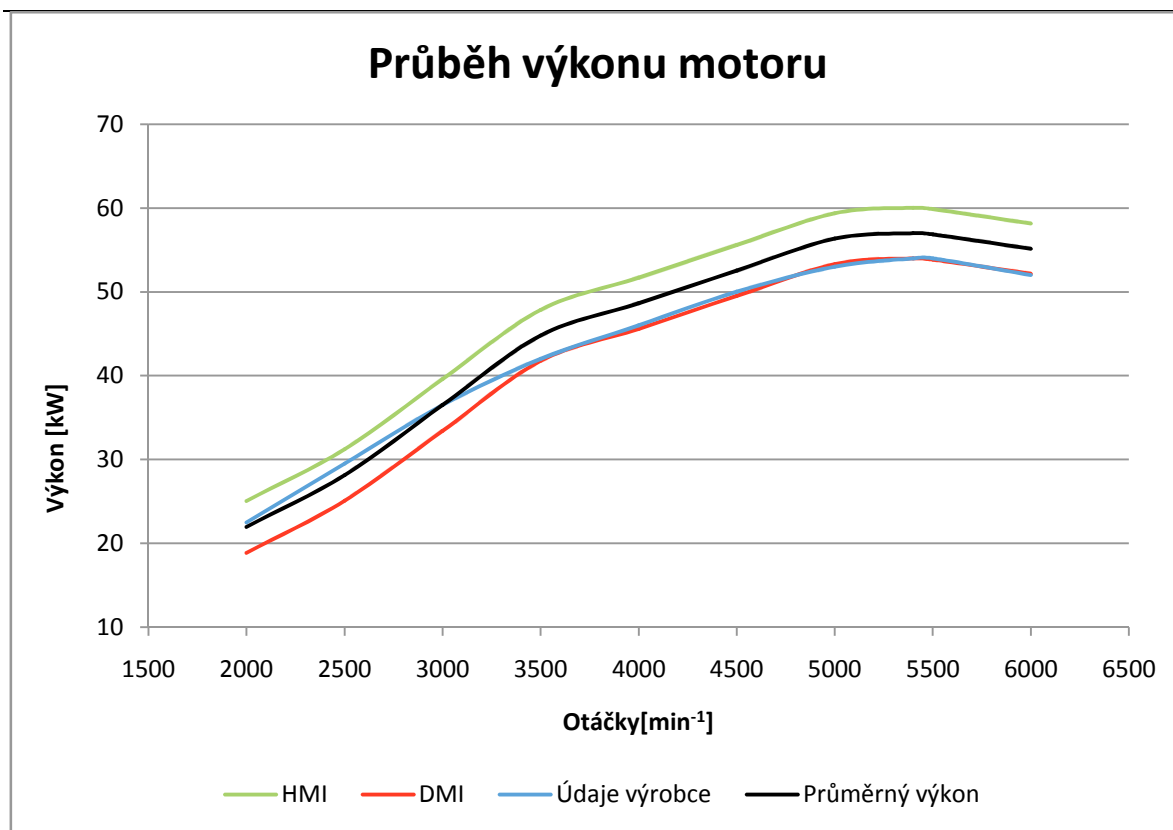
Vozidlo dosahuje udávaných hodnot P_{max} i M_{max}. Obě tyto hodnoty jsou dokonce vyšší, než výrobce udává, je však zapotřebí rozdílných otáček. Otáčky pro P_{max} se nachází ve vypočteném rozmezí, pro M_{max} se však o minimální rozdíl nevešly do vypočteného intervalu (10 min⁻¹). Motor tohoto vozidla poskytoval od otáček 3500 min⁻¹ výkonové parametry vyšší než udává výrobce.



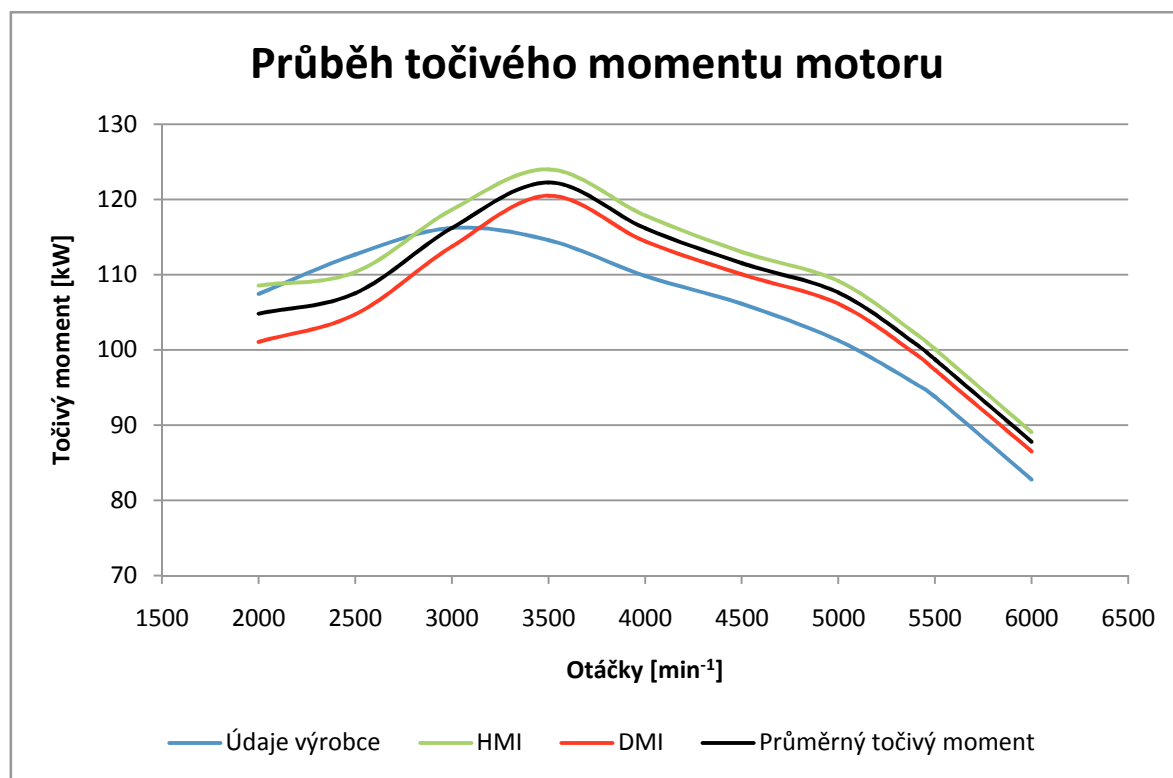
Obr. 5.5.2: Maximální hodnoty výkonu motoru vozidla Peugeot 207 1.4 8V



Obr. 5.5.3: Maximální hodnoty točivého momentu motoru vozidla Peugeot 207 1.4 8V



Obr. 5.5.4: Průběh výkonu motoru vozidla Peugeot 207 1.4 8V



Obr. 5.5.6: Průběh točivého momentu vozidla Peugeot 207 1.4 8V

5.6 Peugeot 207 1.4 HDI



Obr. 5.6.1: Peugeot 207 1.4 HDI

Tab. 5.6.1: Technické údaje vozidla Peugeot 207 1.4 HDI

Rok výroby	2008	
Stav tachometru	77 200	km
Typ motoru	vznětový přeplňovaný	
Zdvihový objem motoru	1398	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	8	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	50	kW
při otáčkách	4000	min ⁻¹
Točivý moment motoru	150	Nm
při otáčkách	1750	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1261	kg
Užitečná hmotnost	399	kg
Délka	4030	mm
Šířka	1720	mm
Výška	1473	mm
Rozvor	2540	mm
Rozměr pneu	185/65 R15	
Datum měření	20.4.2011	

Tab. 5.6.3: Hodnoty HMI a DMI pro maximální výkon

	Rozsah hodnot	
	P _{max} [kW]	n(P _{max}) [min ⁻¹]
HMI	58,92	4049,12
DMI	52,88	3700,88

Tab. 5.6.4: Hodnoty HMI a DMI pro maximální točivý moment

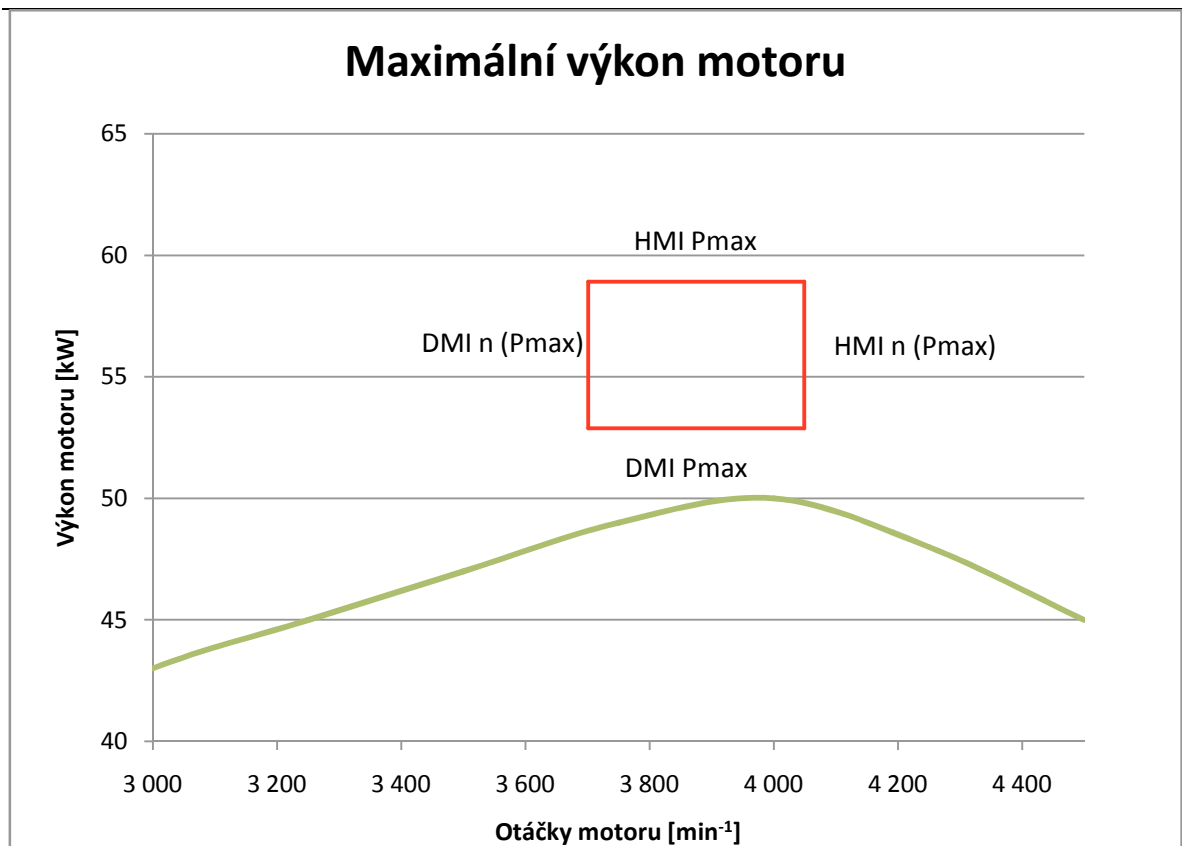
	Rozsah hodnot	
	M _{max} [Nm]	n (M _{max})[min ⁻¹]
HMI	173,62	2472,52
DMI	164,38	2223,48

Nejmenší vznětový motor ve vozidle Peugeot 207 z měřených vozidel poskytoval výrazně vyšší P_{max} než je hodnoty udávaná výrobcem (průměrně 55,9 vs. 50 kW). Průměrná naměřená hodnota P_{max} byla 112% hodnoty udávané. P_{max} byl dosahován průměrně v nižších otáčkách, než udává výrobce. Otáčky při P_{max} udávané se nachází ve vypočteném intervalu. Také naměřené hodnoty M_{max} byly vyšší (průměrně 169 vs. 150 Nm , +12,6%). M_{max} však bylo dosahováno ve výrazně vyšších otáčkách motoru (průměrně 2348 vs. 1750 min⁻¹), rozdíl mezi DMI a udávanými otáčkami tak činil 473 min⁻¹.

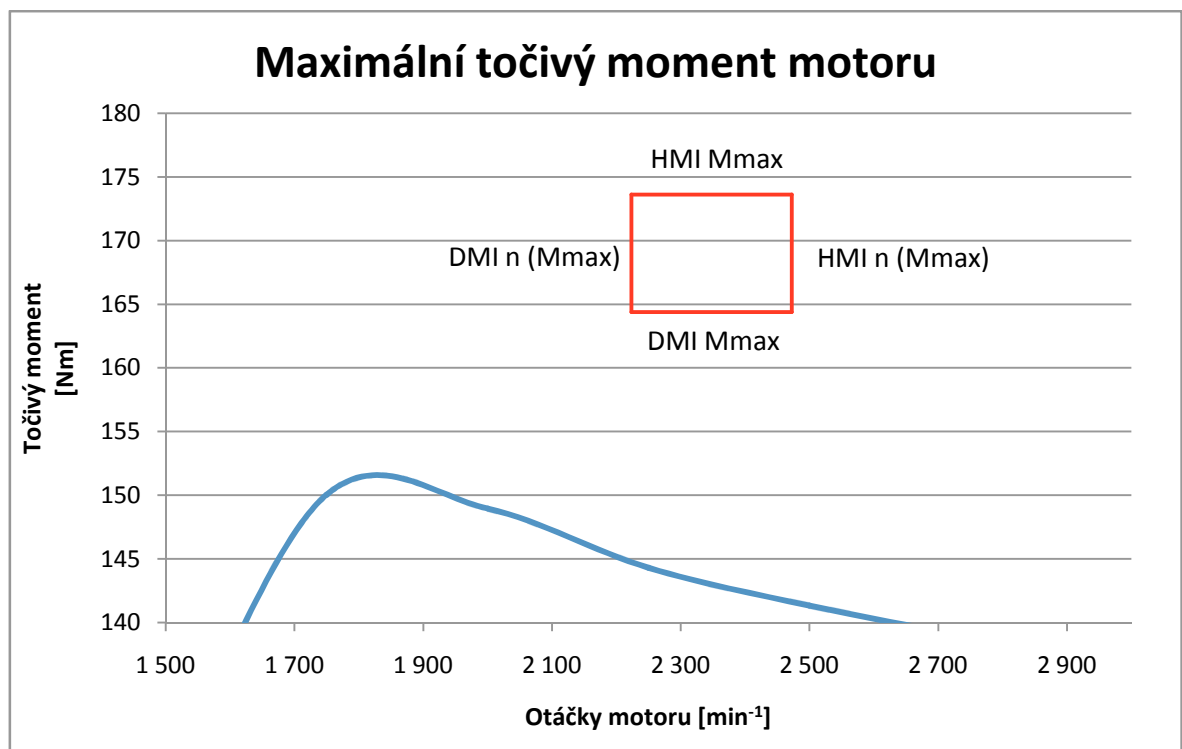
Průběh naměřeného výkonu motoru se s údaji výrobce shodoval pouze do otáček 1750 min⁻¹, poté motor poskytoval výrazně vyšší hodnoty výkonu až do maximálních otáček (mezi otáčkami 2500 až 3500 min⁻¹ +7kW).

Stejně jako výkon tak i dosahované hodnoty točivého momentu byly výrazně nad hodnotami udávanými výrobcem (mezi otáčkami 2500 až 3000 min⁻¹ +25 Nm).

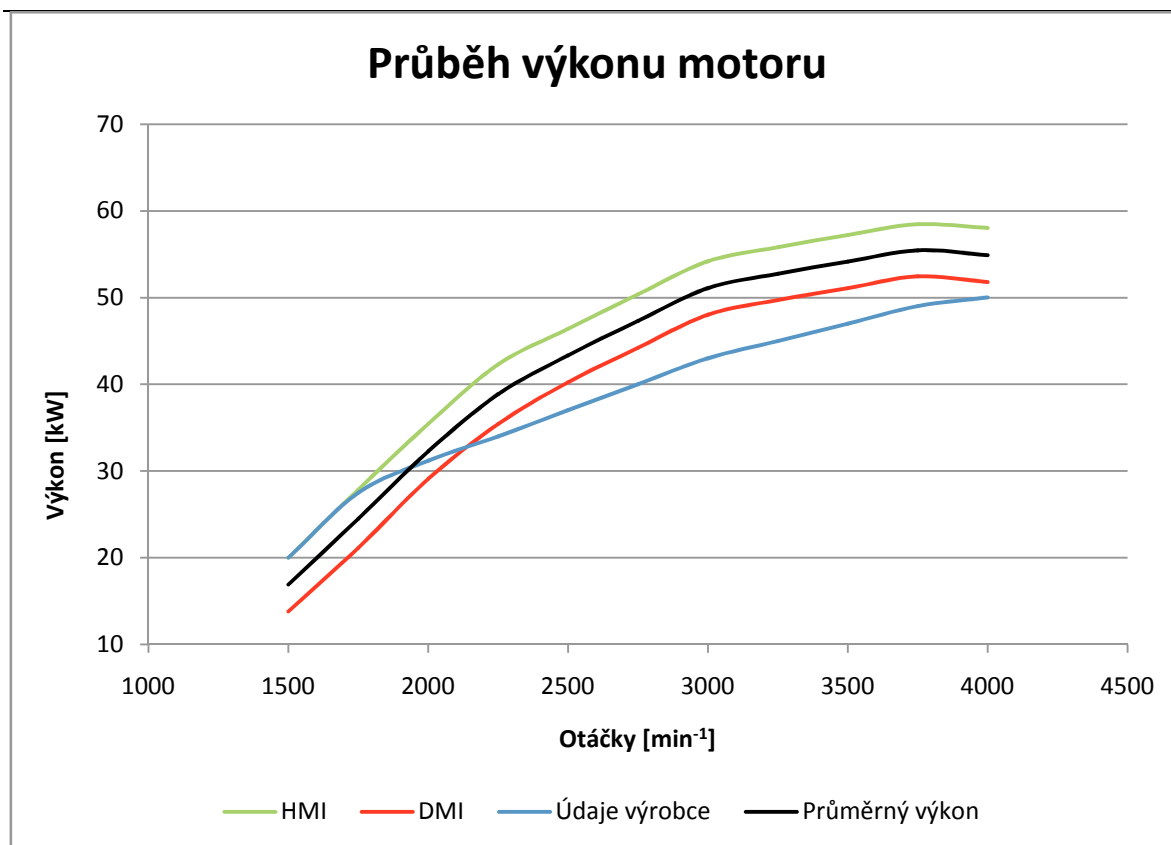
Motor tohoto vozidla vykazoval parametry výrazně přesahující výrobcem udávané. Pro dosažení M_{max} bylo sice zapotřebí vyšších otáček motoru, ale následné hodnoty znatelně přesáhly udávanou hodnotu M_{max}. V maximálních otáčkách 4000 min⁻¹ již nepřesahovaly naměřené hodnoty tak znatelně údaje výrobce, i přes to však motor podával o 10% větší P_{max}.



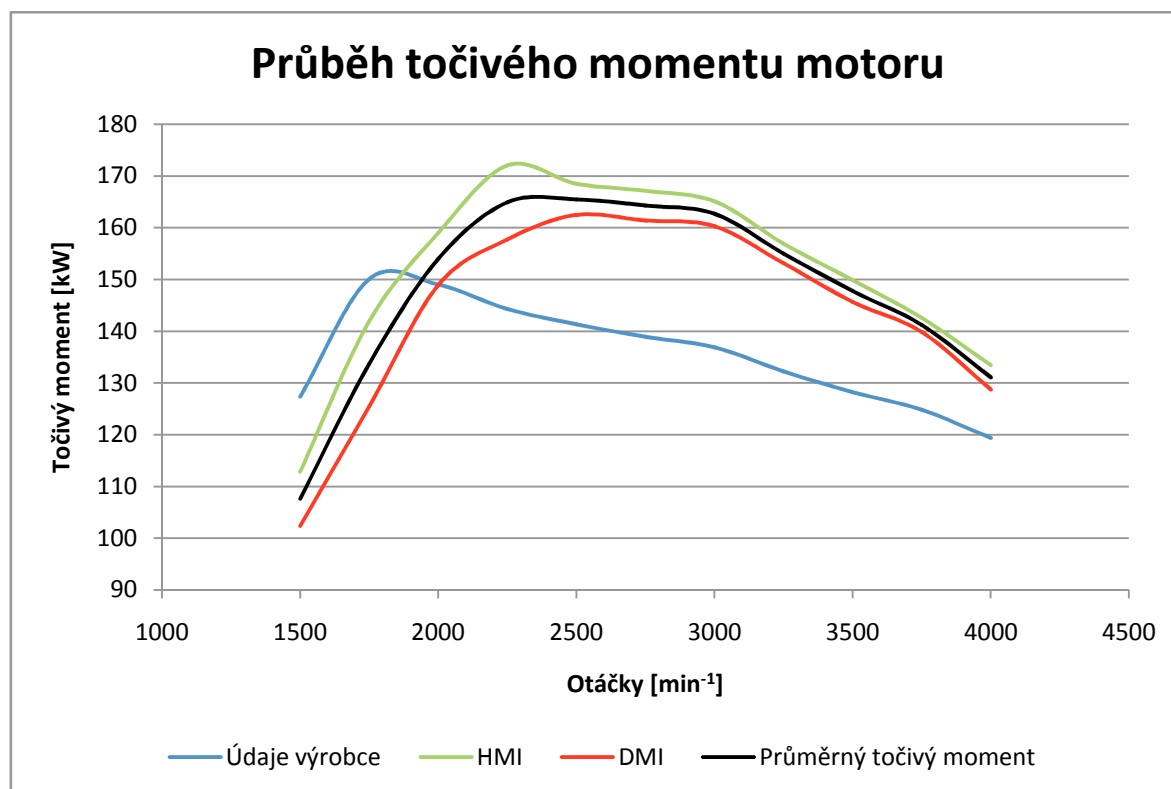
Obr. 5.6.2: Maximální hodnoty výkonu motoru vozidla Peugeot 207 1.4 HDI



Obr. 5.6.3: Maximální hodnoty točivého momentu motoru vozidla Peugeot 207 1.4 HDI



Obr. 5.6.4: Průběh výkonu motoru vozidla Peugeot 207 1.4 HDI



Obr. 5.6.6: Průběh točivého momentu vozidla Peugeot 207 1.4 HDI

5.7 Peugeot 307 1.6 16V



Obr. 5.7.1: Peugeot 307 1.6 16V

Tab. 5.7.1: Technické údaje vozidla Peugeot 307 1.6 16V

Rok výroby	2008	
Stav tachometru	23 325	km
Typ motoru	zážehový	
Zdvihový objem motoru	1587	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	80	kW
při otáčkách	5800	min ⁻¹
Točivý moment motoru	147	Nm
při otáčkách	4000	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1330 – 1416	kg
Užitečná hmotnost	584 – 670	kg
Délka	4419	mm
Šířka	1757	mm
Výška	1544	mm
Rozvor	2708	mm
Rozměr pneu	195/65 R15	
Datum měření	30.3.2011	

Tab. 5.7.3: Hodnoty HMI a DMI pro maximální výkon

	Rozsah hodnot	
	P _{max} [kW]	n (P _{max})[min ⁻¹]
HMI	88,82	5948,70
DMI	82,78	5713,30

Tab. 5.7.4: Hodnoty HMI a DMI pro maximální točivý moment

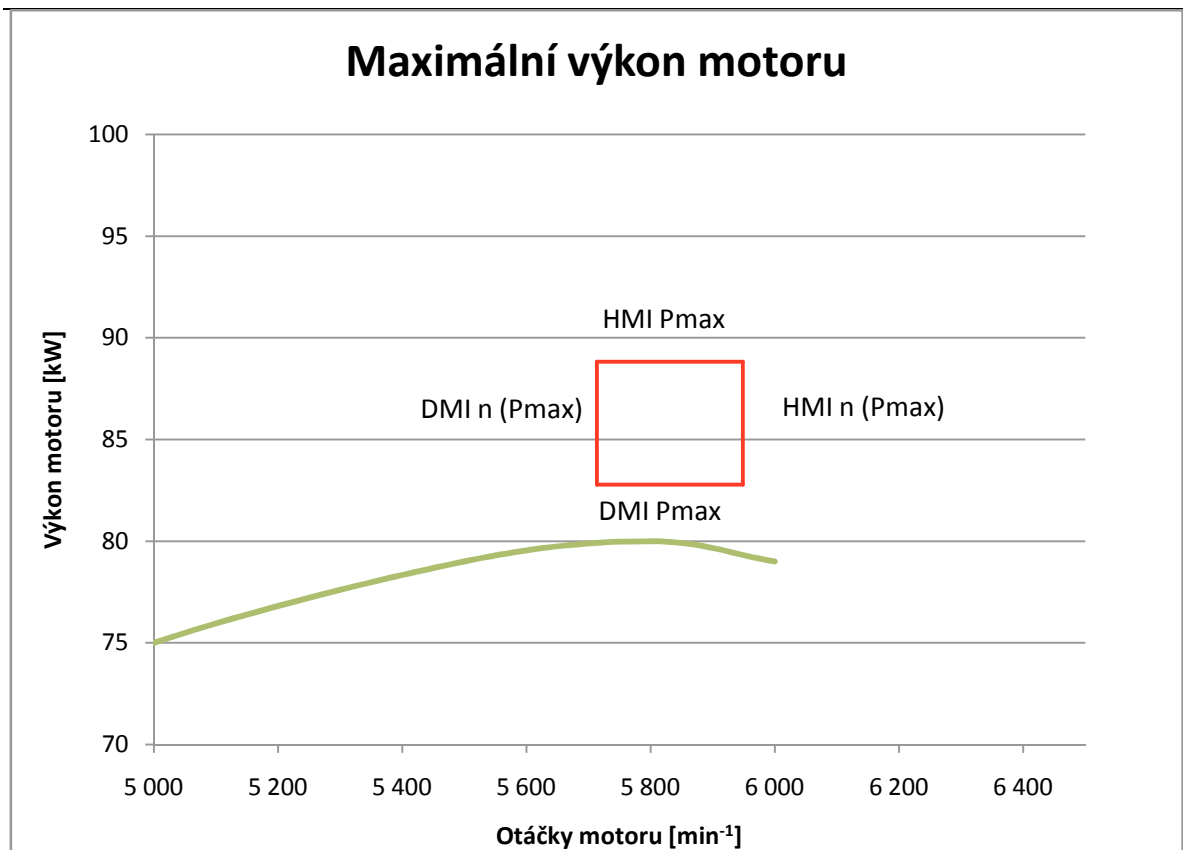
	Rozsah hodnot	
	M _{max} [Nm]	n (M _{max})[min ⁻¹]
HMI	153,82	4193,86
DMI	151,18	3952,14

Vozidlo Peugeot 307 1.6 16V dosahovalo průměrně vyšších hodnot P_{max} než udává výrobce, a to ve všech provedených měřeních. Průměrný výkon byl vyšší o 5,8 kW. Po statistickém vyhodnocení byla vyšší i hodnota DMI a to o 2,78 kW. Otáčky, při kterých bylo dosahováno P_{max} byly průměrně téměř stejné, jako udává výrobce (naměřených 5831 vs. udávaných 5800 min⁻¹). Tato hodnota se nachází ve vypočteném intervalu hodnot.

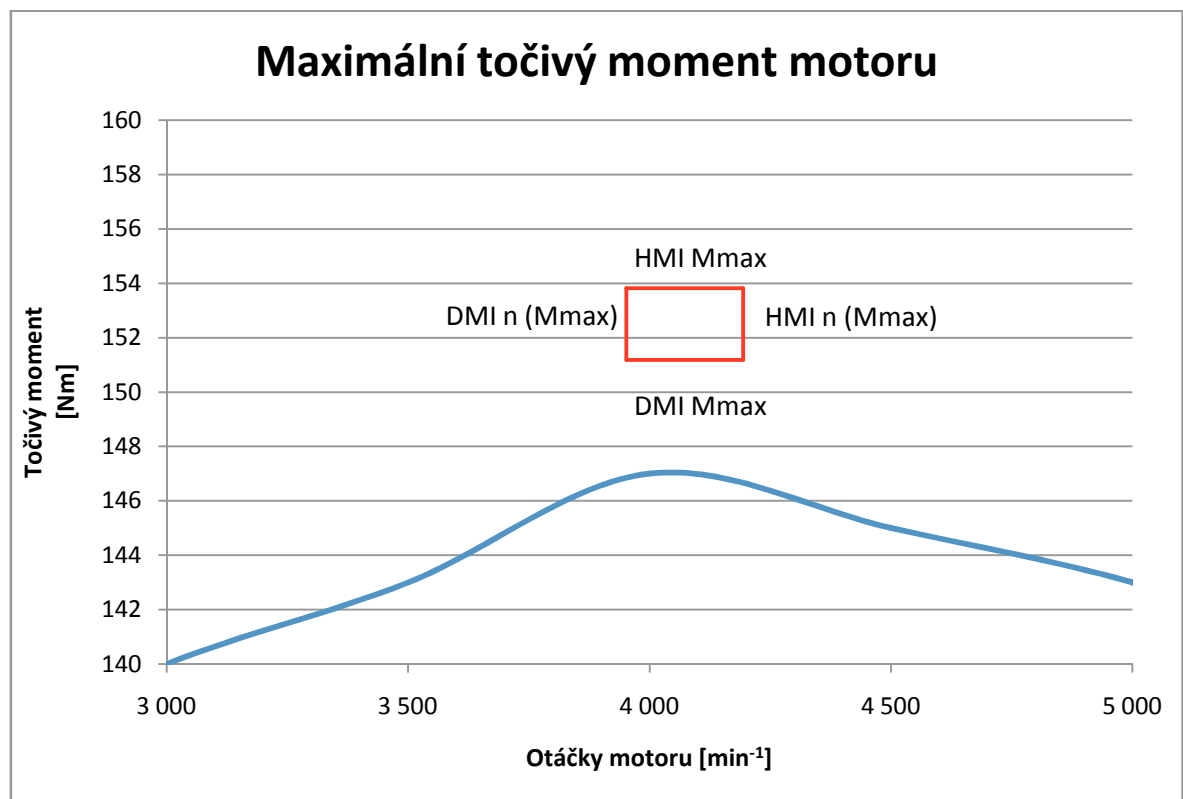
Stejně jak výkon, tak i dosahovaný M_{max} převyšuje točivý moment udávaný výrobcem. Průměrně naměřené hodnoty jsou o 5,5 Nm vyšší (152,5 vs. 147 Nm). Otáčky, při kterých je M_{max} dosahováno jsou o málo vyšší než udávané (4073 vs. 4000 min⁻¹).

Naměřený průběh motoru se shoduje s udávaným pouze v rozmezí otáček 2500 až 3500 min⁻¹, poté začínají být naměřené hodnoty vyšší, a to až do maximálních otáček 6000 min⁻¹. Od otáček 4500 min⁻¹ udávané hodnoty nedosahují ani mnou vypočtených hodnot DMI. Průběh točivého momentu přesahuje udávané hodnoty stejně jako výkon. V rozmezí hodnot 4500 až 6000 min⁻¹ jsou hodnoty točivého momentu vyšší minimálně o 8 Nm.

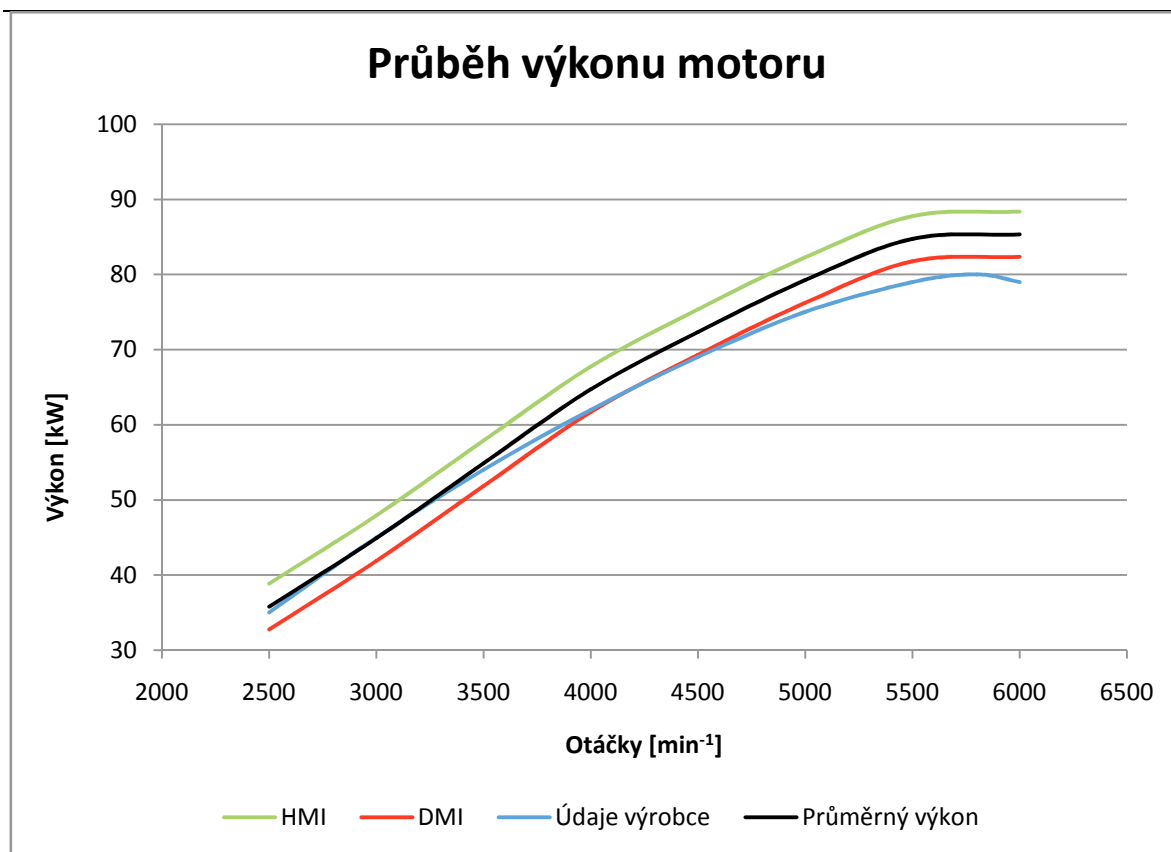
Motor v tomto vozidle dosahuje vyšších hodnot výkonu a točivého momentu než udává výrobce. Otáčky při kterých jsou dosahovány maximální hodnoty výkonu a točivého momentu jsou téměř totožné s údaji výrobce. Zejména v průběhu točivého momentu jsou patrné vyšší naměřené hodnoty od otáček 3500 až do 6000 min⁻¹.



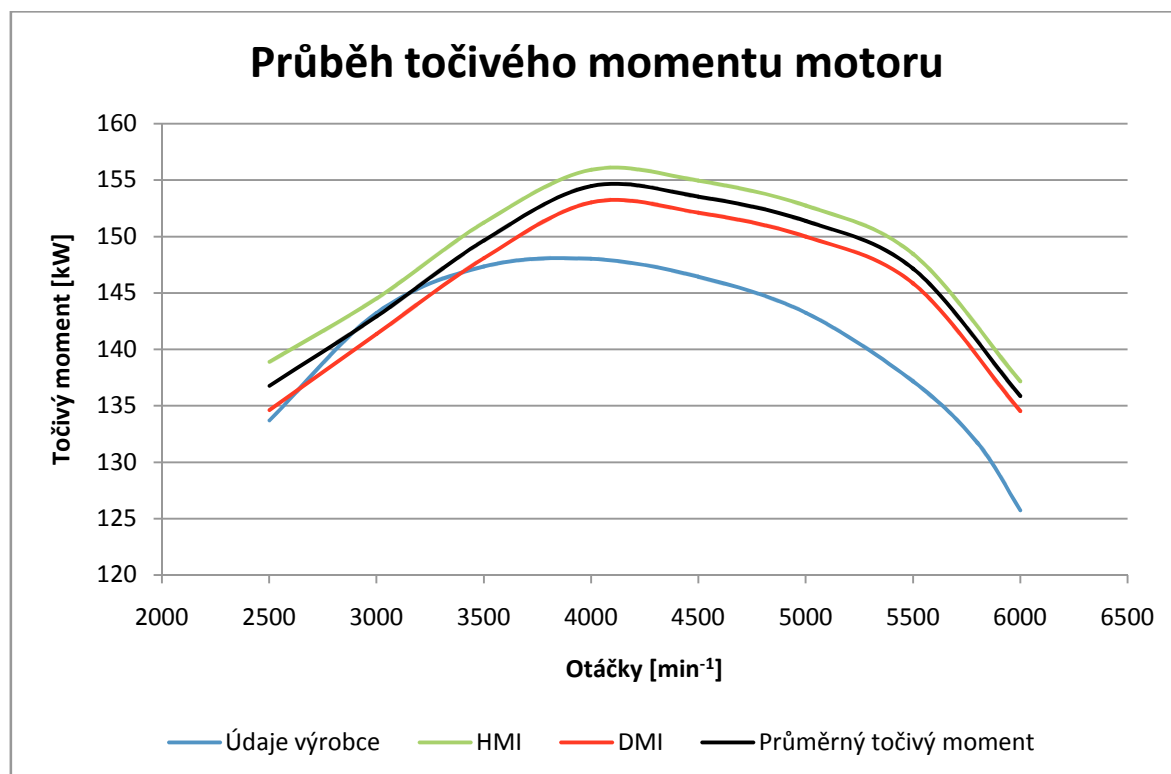
Obr. 5.7.2: Maximální hodnoty výkonu motoru vozidla Peugeot 307 1.6 16V



Obr. 5.7.3: Maximální hodnoty točivého momentu motoru vozidla Peugeot 307 1.6 16V



Obr. 5.7.4: Průběh výkonu motoru vozidla Peugeot 307 1.6 16V



Obr. 5.7.6: Průběh točivého momentu vozidla Peugeot 307 1.6 16V

5.8 Peugeot 307 SW 1.6HDI



Obr. 5.8.1: Peugeot 307 SW 1.6HDI

Tab. 5.8.1: Technické údaje vozidla Peugeot 307 SW 1.6HDI

Rok výroby	2008	
Stav tachometru	73 530	km
Typ motoru	vznětový přeplňovaný	
Zdvihový objem motoru	1560	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	66	kW
při otáčkách	4000	min ⁻¹
Točivý moment motoru	215	Nm
při otáčkách	1750	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1469 - 1504	kg
Užitečná hmotnost	466 - 501	kg
Délka	4428	mm
Šířka	1762	mm
Výška	1560	mm
Rozvor	2708	mm
Rozměr pneu	195/65 R15	
Datum měření	13.4.2011	

Tab. 5.8.3: Hodnoty HMI a DMI pro maximální výkon

	Rozsah hodnot	
	P _{max} [kw]	n (P _{max})[min ⁻¹]
HMI	71,68	3379,48
DMI	65,52	3142,52

Tab. 5.8.4: Hodnoty HMI a DMI pro maximální točivý moment

	Rozsah hodnot	
	M _{max} [Nm]	n (M _{max})[min ⁻¹]
HMI	227,91	2396,59
DMI	223,69	2093,41

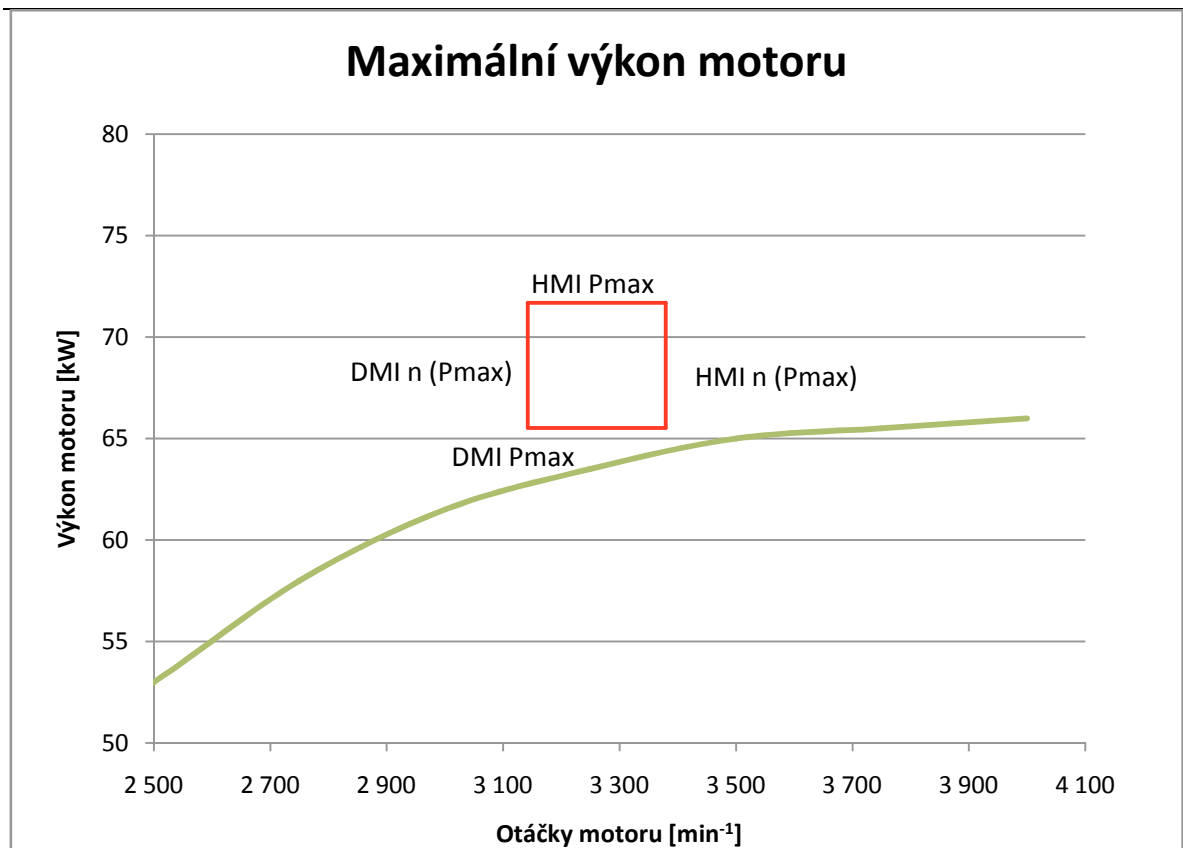
Vznětový motor vozidla Peugeot 307 SW dosahoval vyššího P_{max} než udává výrobce, rozdíl mezi průměrně naměřenými hodnotami a údajem výrobce byl 2,6 Kw. P_{max} však bylo dosahováno ve výrazně nižších otáčkách. Výrobce udávaná hodnota 4000 min⁻¹ je o 739 min⁻¹ vyšší než naměřená.

Hodnoty dosahovaného M_{max} byly stejně jako hodnoty P_{max} vyšší než udávané. Na rozdíl od P_{max}, který byl dosahován v otáčkách nižších než udává výrobce byl M_{max} dosahován v otáčkách vyšších. Výrobce udávaná hodnota 1750 min⁻¹ byla průměrně překročena o značných 495 min⁻¹.

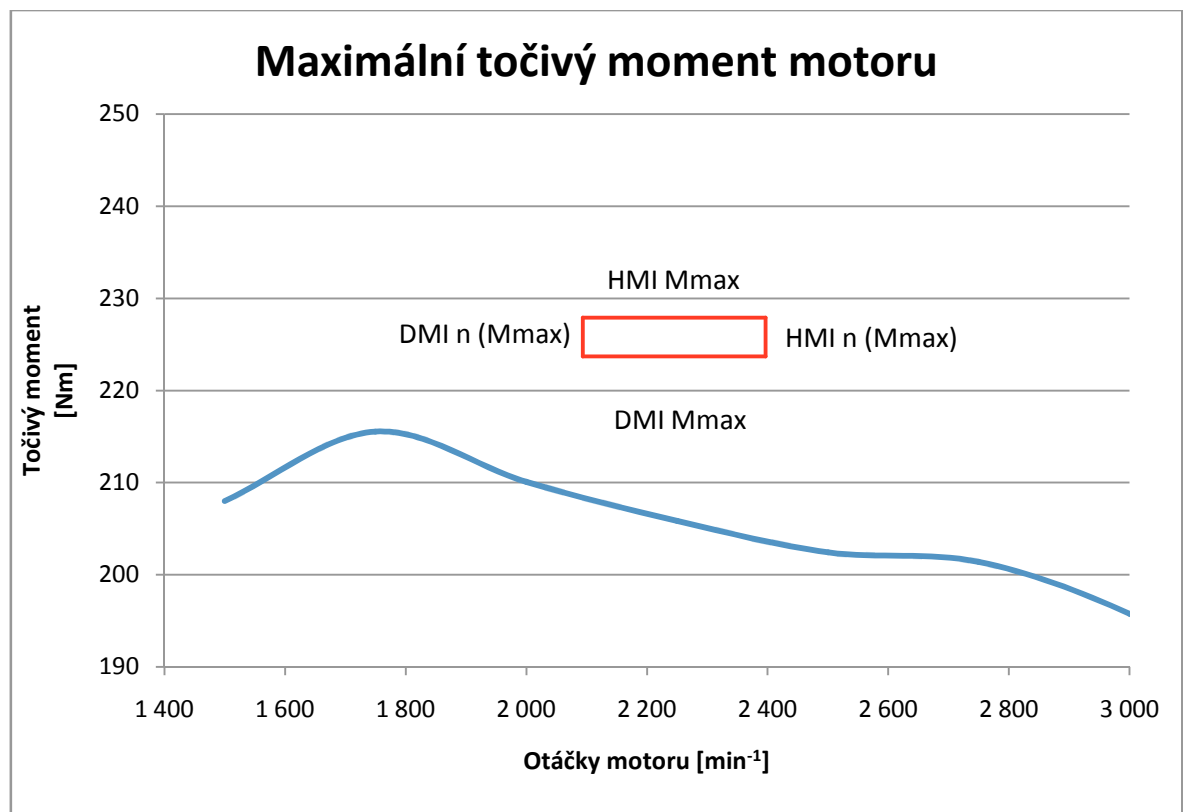
Z průběhu výkonu je patrný rozdílný tvar výkonové charakteristiky. Motor poskytoval již od 2000 min⁻¹ výkon vyšší než udává výrobce, to se však změnilo po dosažení otáček 3500 min⁻¹, kde výkonová křivka klesala velmi rychle a při otáčkách 4000 min⁻¹ byla již výrazně pod křivkou udávanou.

Průběh točivého momentu stejně jako výkon přesahuje údaje výrobce v pásmu otáček 2000 až 3500 min⁻¹. Patrný je také pozdější náběh M_{max}. To může být dáno metodikou měření, kdy při začátku měření nemusí být dosaženo maximálního plnicího tlaku turbodmyhadla.

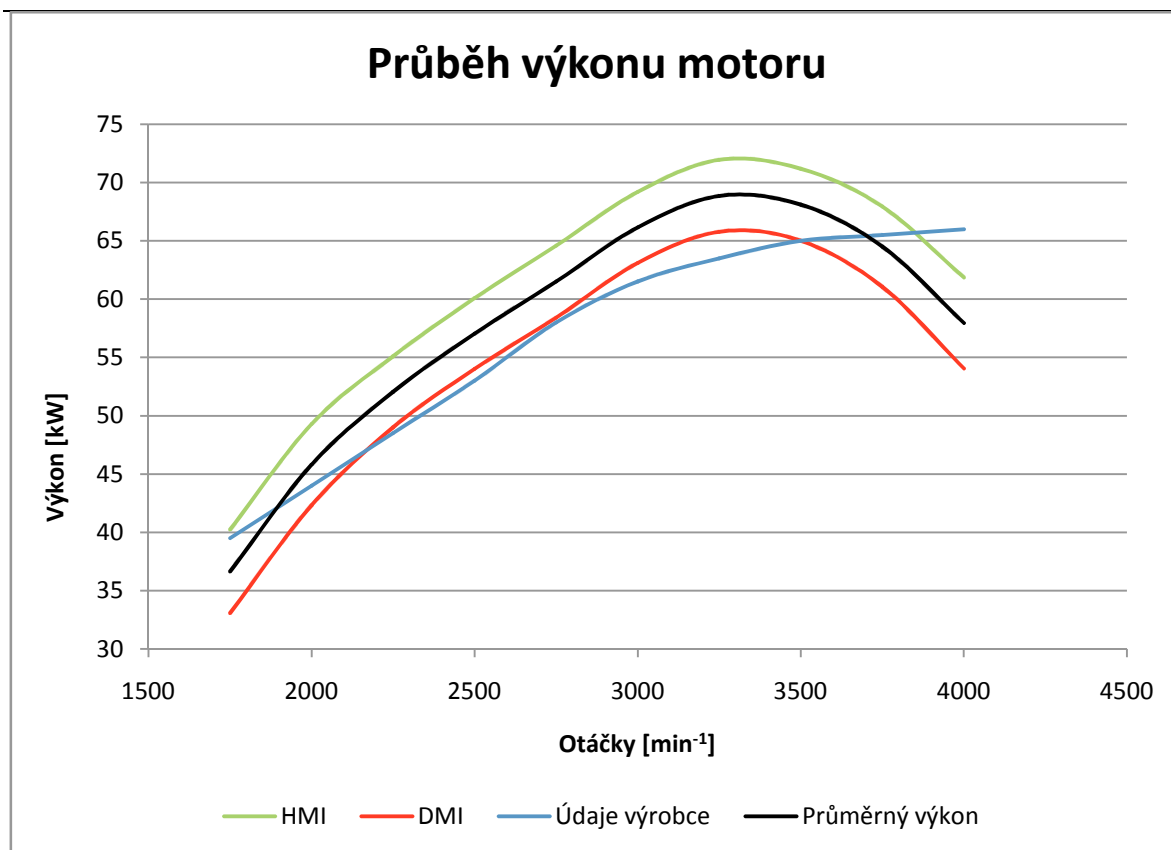
Měřený motor poskytoval vyšší maximální hodnoty P_{max} a M_{max}, ale pro dosažení těchto hodnot byly potřeba rozdílné otáčky než udává výrobce. Tyto rozdíly se projeví ve tvaru rychlostních charakteristik, které neměly takový průběh jaký je udáván. Rozdíly M_{max} mohou být způsobeny delší dobou pro dosažení plnicího tlaku turbodmyhadla při začátku zkoušky.



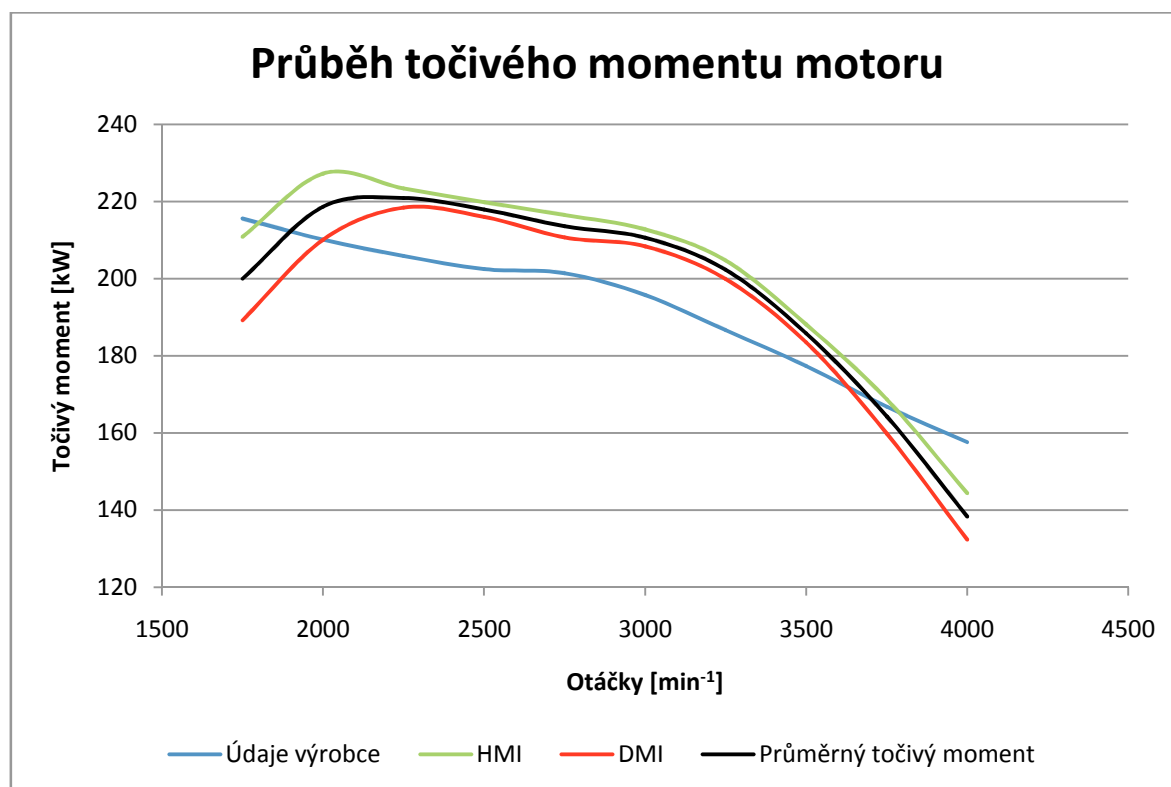
Obr. 5.8.2: Maximální hodnoty výkonu motoru vozidla Peugeot 307 SW 1.6HDI



Obr. 5.8.3: Maximální hodnoty točivého momentu motoru vozidla Peugeot 307 SW 1.6HDI



Obr. 5.8.4: Průběh výkonu motoru vozidla Peugeot 307 SW 1.6HDI



Obr. 5.8.6: Průběh točivého momentu vozidla Peugeot 307 SW 1.6HDI

5.9 Peugeot 807 2.0HDI



Obr. 5.9.1: Peugeot 807 2.0HDI

Tab. 5.9.1: Technické údaje vozidla Peugeot 807 2.0HDI

Rok výroby	2008	
Stav tachometru	54 840	km
Typ motoru	vznětový přeplňovaný	
Zdvihový objem motoru	1997	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	6 + 1	
Výkon motoru	100	kW
při otáčkách	4000	min ⁻¹
Točivý moment motoru	320	Nm
při otáčkách	2000	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1818 - 1963	kg
Užitečná hmotnost	567 - 712	kg
Délka	4727	mm
Šířka	1850	mm
Výška	1752	mm
Rozvor	2823	mm
Rozměr pneu	215/65 R16	
Datum měření	18.4.2011	

Tab. 5.9.3: Hodnoty HMI a DMI pro maximální výkon

	Rozsah hodnot	
	P _{max} [kW]	n (P _{max})[min ⁻¹]
HMI	107,09	4072,01
DMI	100,71	3829,99

Tab. 5.9.4: Hodnoty HMI a DMI pro maximální točivý moment

	Rozsah hodnot	
	M _{max} [Nm]	n (M _{max})[min ⁻¹]
HMI	310,86	2835,67
DMI	307,34	2578,33

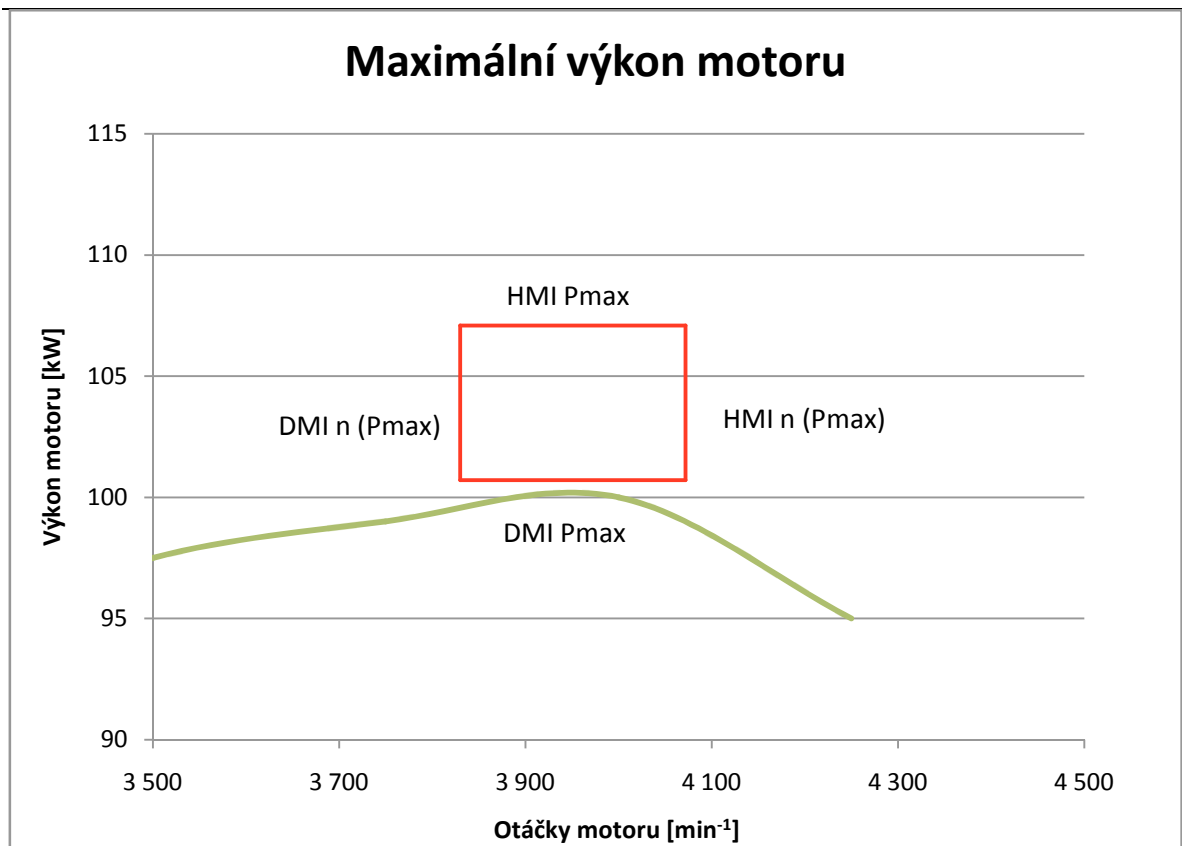
Nejvýkonější motor z testovaných vozidel značky Peugeot dosáhnul ve všech měřeních vyššího P_{max} než udává výrobce. Průměrné hodnoty P_{max} byly vyšší o 3,9 kW a otáčky nutné k dosažení těchto hodnot byly téměř shodné jako udává výrobce (rozdíl 49 min⁻¹).

Naměřené hodnoty M_{max} však na rozdíl od výkonu byly ve všech měřeních nižší než výrobce deklaruje. Průměrná hodnota 309,1 Nm zaostává za údajem výrobce o 10,9 Nm což představuje rozdíl 3,4%. Velký rozdíl byl v naměřených otáčkách, při kterých bylo M_{max} dosahováno, průměrné hodnota se liší od udávané o 707 min⁻¹.

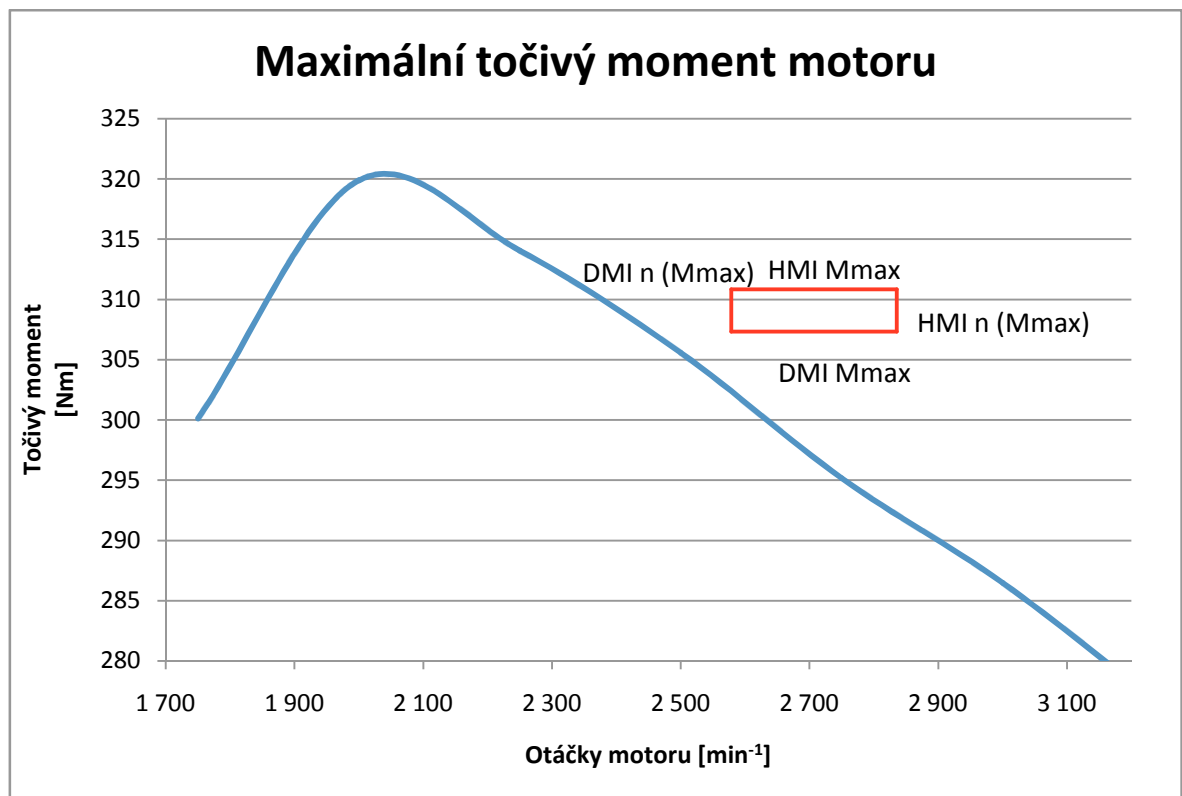
V průběhu výkonu je viditelný rozdíl v rozmezí od 1750 do 2500 min⁻¹ kde jsou naměřené hodnoty výrazně nižší než udávané. Od otáček přibližně 2750 min⁻¹ však motor testovaného vozidla dosahuje výkonů vyšších než udávaných a až do maximálních otáček 4000 min⁻¹ kopírují údaje výrobce mnou vypočtenou křivku DMI.

Rozdílný průběh výkonu motoru do 2750 min⁻¹ je viditelnější v průběhu točivého momentu motoru. Patrný je posun vrcholu točivého momentu do vyšších otáček než udává výrobce a také vyšší naměřené hodnoty momentu od 2750 min⁻¹.

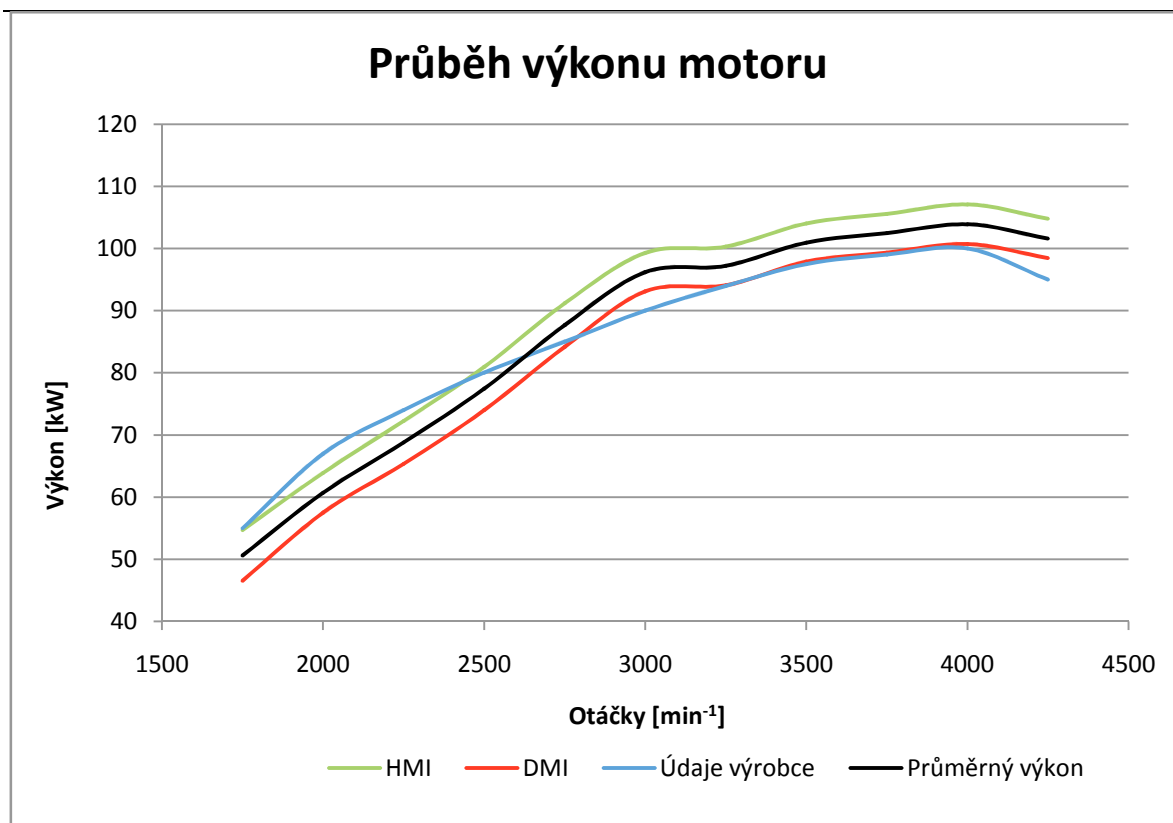
Vozidlo dosahuje vyšších hodnot P_{max} ve stejných otáčkách jak deklaruje výrobce. Hodnoty M_{max} jsou však nižší než udává výrobce a samotný vrchol M_{max} je posunut do vyšších otáček motoru. Tyto rozdíly se projevují v rozdílném průběhu rychlostních charakteristik. Do otáček 2750 min⁻¹ jsou naměřené hodnoty nižší a od této hodnoty až do maximálních otáček naopak vyšší.



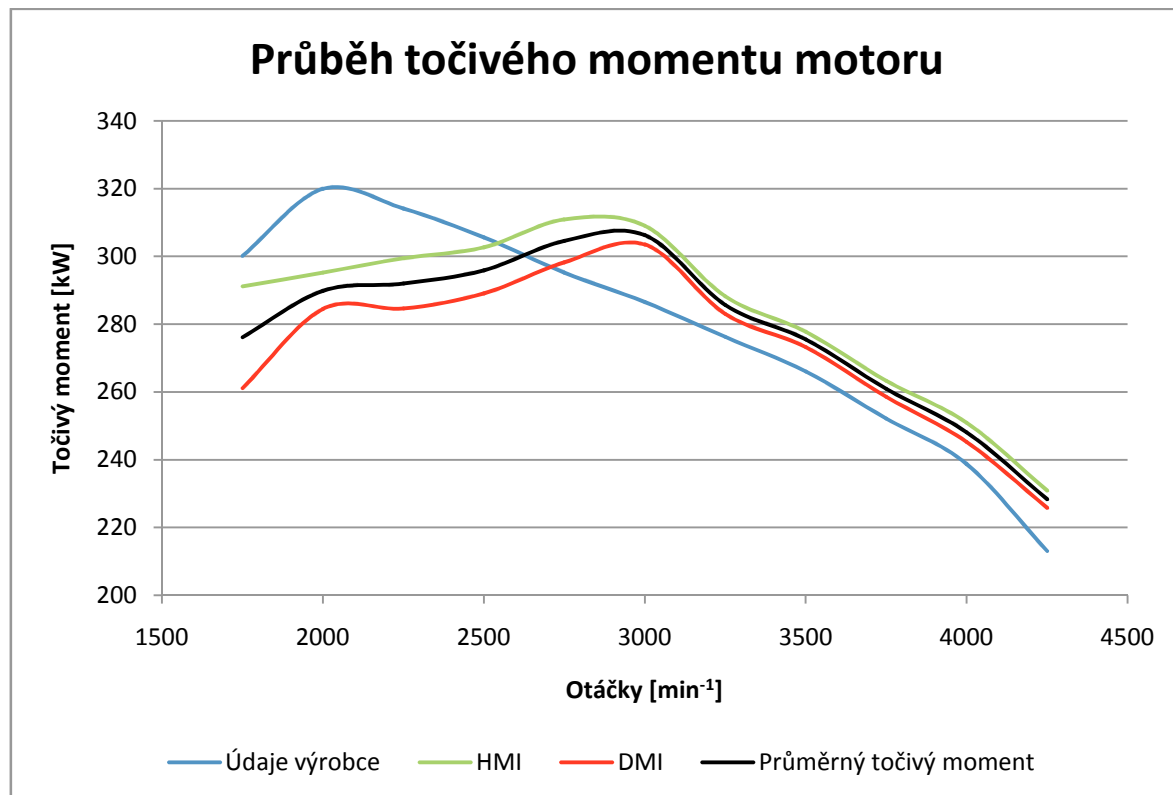
Obr. 5.9.2: Maximální hodnoty výkonu motoru vozidla Peugeot 807 2.0HDI



Obr. 5.9.3: Maximální hodnoty točivého momentu motoru vozidla Peugeot 807 2.0HDI



Obr. 5.9.4: Průběh výkonu motoru vozidla Peugeot 807 2.0HDI



Obr. 5.9.6: Průběh točivého momentu vozidla Peugeot 807 2.0HDI

5.10 Citroen C4 1.6 16V



Obr. 5.10.1: Citroen C4 1.6 16V

Tab. 5.10.1: Technické údaje vozidla Citroen C4 1.6 16V

Rok výroby	2010	
Stav tachometru	8450	km
Typ motoru	zážehový	
Zdvihový objem motoru	1587	cm ³
Počet válců	4	
Počet ventilů	16	
Počet rychlostí	5 + 1	
Výkon motoru	80	kW
při otáčkách	5800	min ⁻¹
Točivý moment motoru	147	Nm
při otáčkách	4000	min ⁻¹
Pohotovostní hmotnost	1275 - 1407	kg
Užitečná hmotnost	325 - 457	kg
Délka	4260	mm
Šířka	1773	mm
Výška	1458	mm
Rozvor	2608	mm
Rozměr pneu	205/55 R16	
Datum měření	20.4.2011	

Tab. 5.10.3: Hodnoty HMI a DMI pro maximální výkon

	Rozsah hodnot	
	P _{max} [kW]	n (P _{max})[min ⁻¹]
HMI	86,98	6022,98
DMI	80,92	5775,02

Tab. 5.10.4: Hodnoty HMI a DMI pro maximální točivý moment

	Rozsah hodnot	
	M _{max} [Nm]	n (M _{max})[min ⁻¹]
HMI	151,05	4605,42
DMI	147,55	4180,58

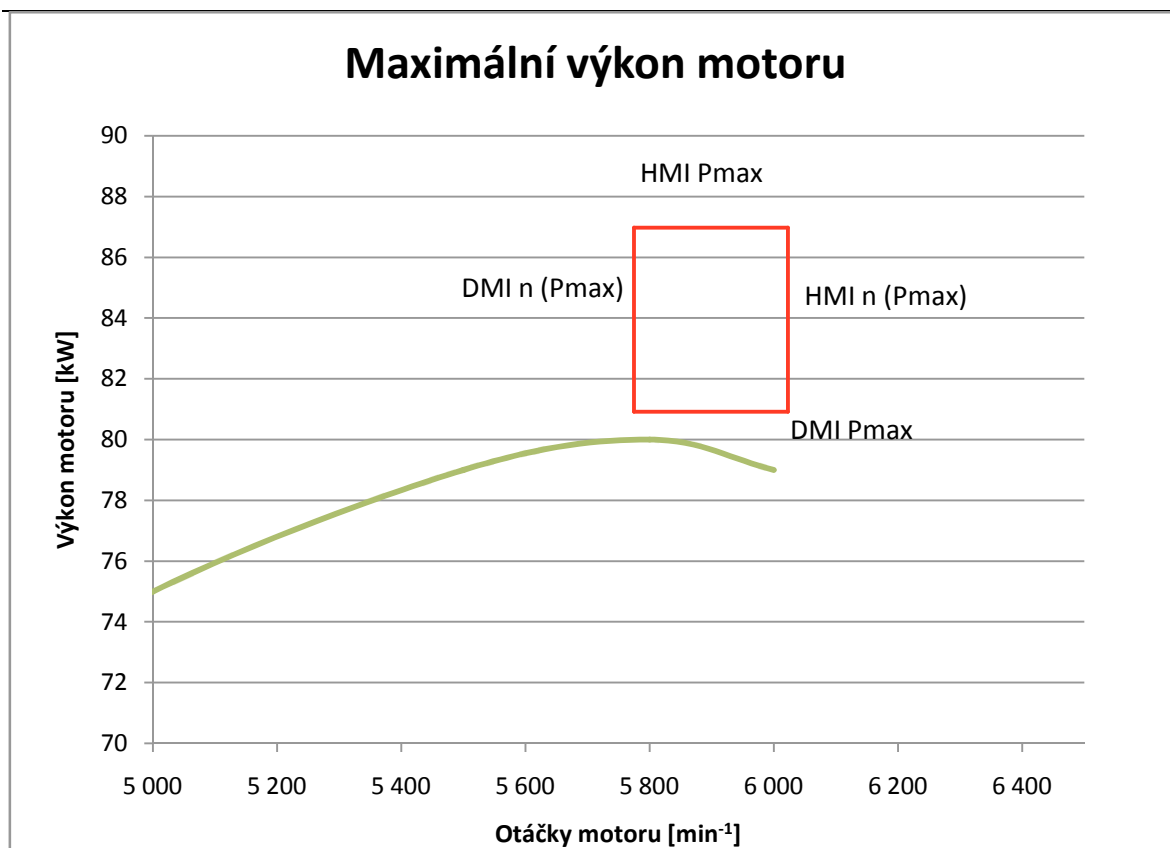
Měřené vozidlo Citroen C4i přes nízký kilometrický průběh poskytovalo udávaný P_{max} a během všech měření tuto udávanou hodnotu 80 kW překonalo (průměrně 83,95 kW). DMI pro P_{max} je vyšší o 0,92 kW. Otáčky při P_{max} byly průměrně o 99 min⁻¹ vyšší než udává výrobce (5899 vs. 5800 min⁻¹), tato hodnota leží ve vypočteném intervalu.

Také naměřené hodnoty M_{max} byly vyšší než udávané (průměrně 149,3 Nm), tedy +2,3 Nm navíc oproti udávanému údaji. Pro dosažení M_{max} však bylo potřeba vyšších otáček motoru. Hodnota DMI byla o 180 min⁻¹ vyšší než udává výrobce (průměrná vyšší o 493 min⁻¹).

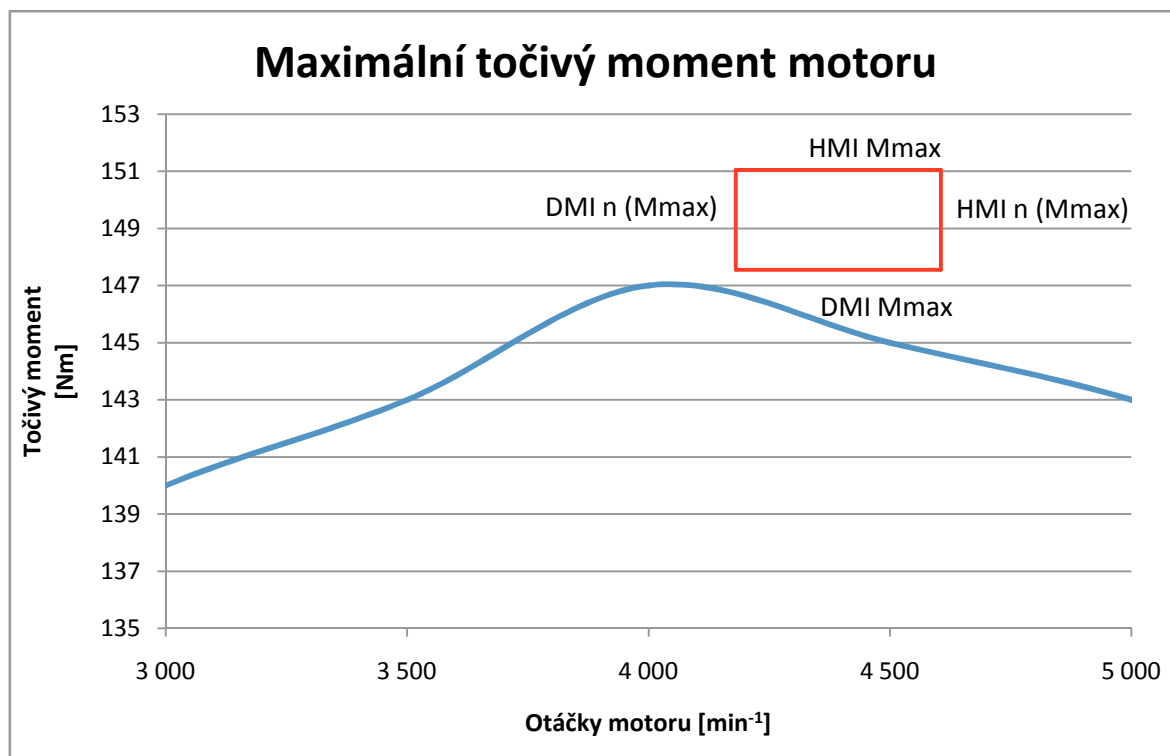
V průběhu výkonu motoru lze zjistit stoupavý trend naměřených hodnot. Zatímco při počátečních otáčkách se údaje výrobce pohybovaly kolem mnou vypočtené hodnoty HMI se zvyšujícími otáčkami motoru se průběh začíná přibližovat hodnotě DMI. Při maximálních otáčkách je poté údaj výrobce nižší než vypočtená hodnota DMI.

Průběh točivého momentu vozidla je do otáček 4000 min⁻¹ nižší než udává výrobce, poté však dosahuje průměrně vyšších hodnot.

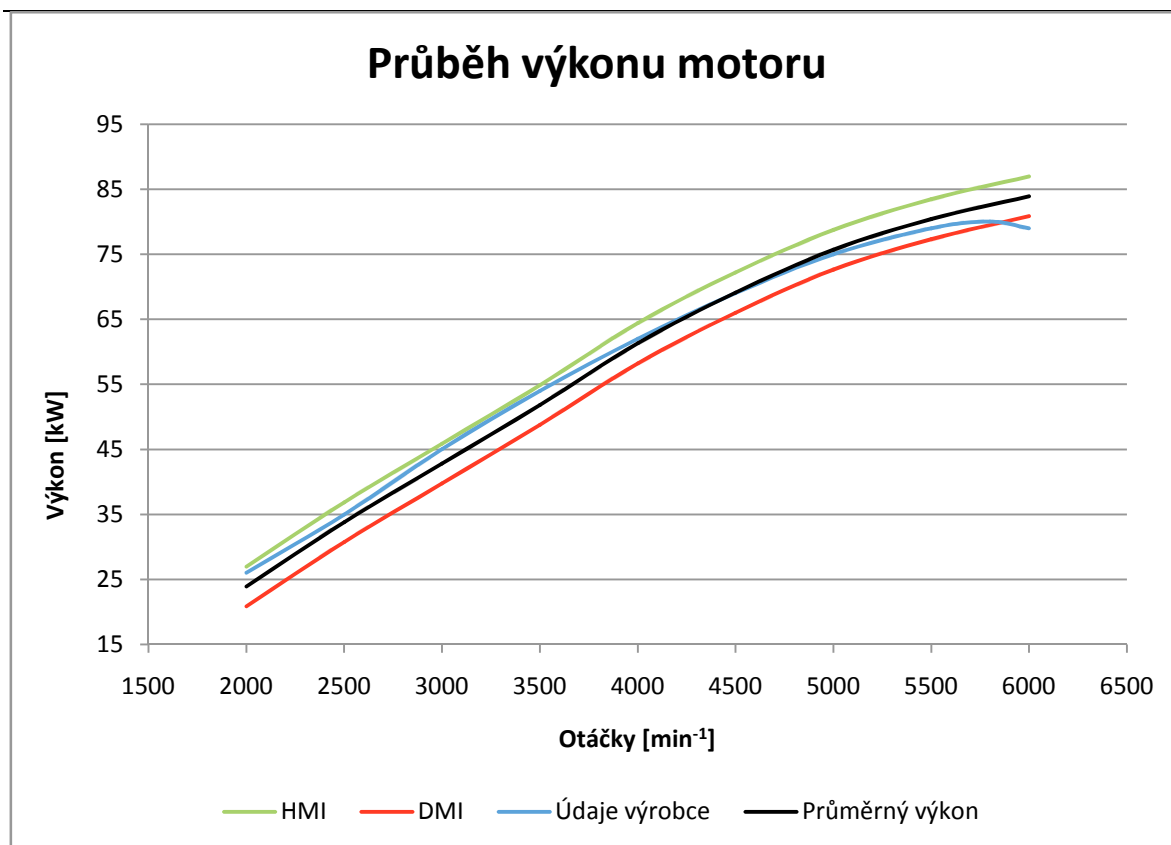
Testované vozidlo Citroen C4 dosahuje udávaných maximálních hodnot a dokonce je mírně převyšuje. Průběh výkonu motoru je však do hodnoty 4000 min⁻¹ nižší než udává výrobce. Po překonání těchto otáček však motor vykazuje jak vyšší hodnoty M_{max}, tak P_{max}.



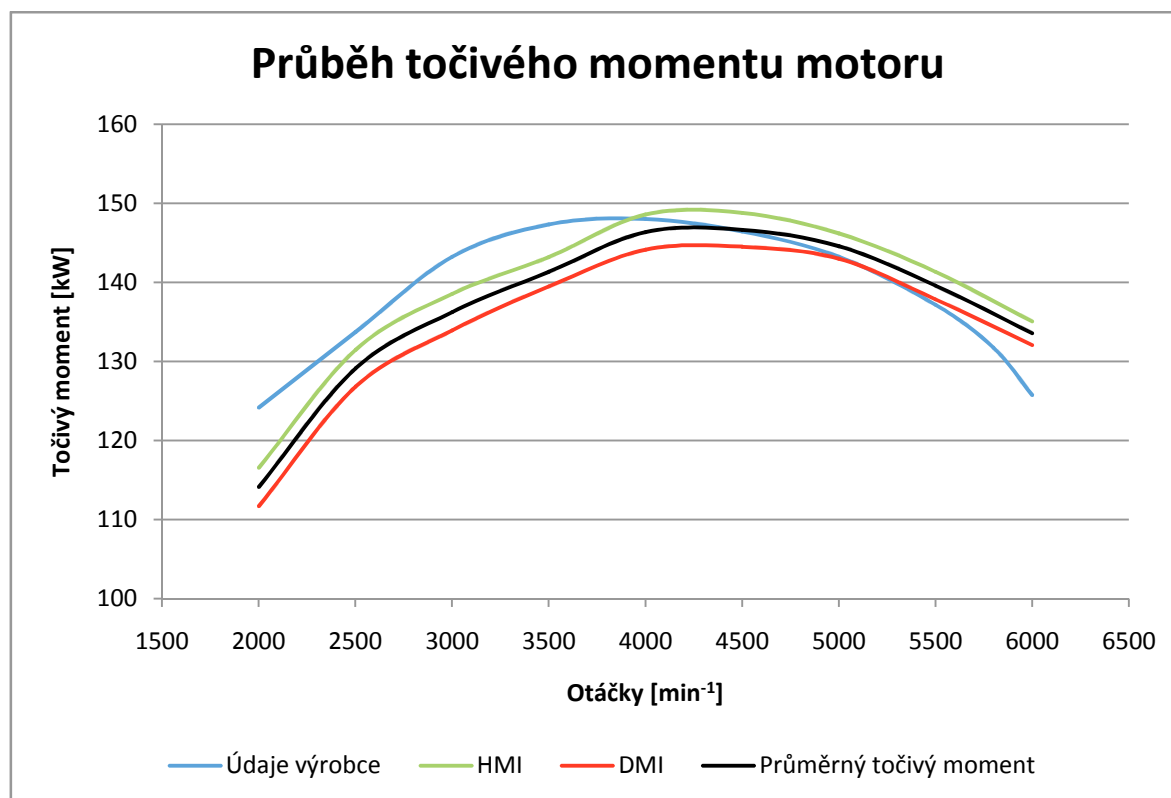
Obr. 5.10.2: Maximální hodnoty výkonu motoru vozidla Citroen C4 1.6 16V



Obr. 5.10.3: Maximální hodnoty točivého momentu motoru vozidla Citroen C4 1.6 16V



Obr. 5.10.4: Průběh výkonu motoru vozidla Citroen C4 1.6 16V



Obr. 5.10.6: Průběh točivého momentu vozidla Citroen C4 1.6 16V

6 Závěr

V této práci jsem sestavil s pomocí návodu k použití válcové zkušebny MAHA LPS vlastní metodiku pro měření rychlostních charakteristik vozidel a podle této metodiky následně tato měření provedl. Ověření rychlostních charakteristik bylo provedeno na deseti vozidlech čtyřech různých značek a dvou automobilových koncernů. Každé vozidlo absolvovalo deset po sobě jdoucích měření, jejichž výsledky byly pomocí statistických metod zpracovány. Vypočetl jsem meze intervalů mnou naměřených hodnot a ty jsem následně znázornil v grafech obsahujících hodnoty udávané výrobcem. Zhodnocení bylo graficky znázorněno pro maximální hodnoty výkonu a točivého momentu, kde kromě dosahovaných maximálních hodnot bylo také zobrazeno otáčkové pásmo, ve kterém byly tyto maxima dosaženy. Pro zjištění odlišností v celém otáčkovém pásmu motoru byly zpracovány protokoly všech měření. Hodnoty byly odečítány v určených intervalech otáček. Tyto hodnoty byly následně statisticky zpracovány a byly vytvořeny průběhy HMI a DMI pro výkon a točivý moment motoru.

Při porovnání s údaji výrobce byly zjištěny rozdíly, které se v některých případech pohybovaly ve vymezených intervalech hodnot. U některých vozidel se naopak velmi výrazně neshodovaly s údaji výrobce. Všechna vozidla byla měřena za podobných podmínek, výsledky byly korigovány dle normy DIN, která eliminovala mírné změny tlaku a teploty vzduchu.

Nejvíce rozdílné naměřené údaje oproti údajům výrobce vykazovalo vozidlo Peugeot 1.4 HDI, které v maximálních hodnotách výkonu převyšovalo údaje výrobce o 12 %, což znamenalo rozdíl 5,9 kW. Také hodnoty průměrně dosahovaného točivého momentu přesahovaly hodnoty výrobce o 12,6 % (+19 Nm). Tyto rozdíly se projeví na zcela tvarově jiném průběhu rychlostních charakteristik, kdy v celém měřeném otáčkovém rozsahu motoru byly měřené hodnoty vyšší, než udává výrobce. U ostatních měřených vozidel již žádné nepřekonal takto výrazně hodnoty udávané výrobcem.

Ostatní vozidla až na výjimky dosahovala vyšších hodnot, než udává výrobce. Tyto rozdíly se ve většině případů nacházely ve vypočtených intervalech HMI a DMI, takže lze prohlásit, že odpovídají údajům výrobce.

U měřených vozidel se však vyskytovaly rozdíly otáček, při kterých byly dosahovány maximální hodnoty výkonu a točivého momentu. Největšího rozdílu jak u výkonu,

tak u točivého momentu dosahovala vozidla Peugeot se vznětovými motory. Tato vozidla se třemi rozdílnými motory (1.4 HDI 1.6 HDI 2.0 HDI) vykazovala zejména u otáček při maximálním točivém momentu motoru výrazných rozdílů a to až o průměrných 707 min^{-1} u vozidla Peugeot 807 2.0 HDI. Otáčky, při kterých bylo dosahováno maximálního motoru se u vozidel s motory 1.4 HDI a 2.0 HDI naopak téměř shodovaly s údaji výrobce. Největšího rozdílu při P_{\max} dosáhlo vozidlo Peugeot 307 1.6 HDI (739 min^{-1}). Zmíněné rozdíly se projeví na tvaru rychlostních charakteristik, které se výrazně odlišovaly od udávaných.

Zajímavým porovnáním jsou vozidla vybavené stejným motorem 1.6 CVVT ve dvou vozech Hyundai i30 a ve voze Kia Venga. Motory ve vozech Hyundai i30 s velmi nízkým kilometrickým průběhem (do 250 km) vykazovaly sice vyšší hodnoty maximálního točivého momentu ale vzhledem k posunu do otáček vyšších než udává výrobce, byl výsledný průběh momentu u obou vozidel velmi odlišný od udávaného. Vozidlo Kia Venga s tímto motorem mělo najeto přes 38 000 km a dosahovalo mírně nižší maximální hodnoty točivého momentu. Průběh točivého momentu se však nejvíce přiblížil údajům výrobce. Je tedy možné, že při vyšším kilometrickém průběhu by se i u vozidel Hyundai mohly průběhy momentu přiblížit udávaným.

Stejnými motory byla vybavena i vozidla Peugeot 307 a Citroen C4, jednalo se o motor 1.6 16V. Vozidlo Peugeot mělo v době měření najeto přes 23 000 km a vozidlo Citroen 8500 km. V naměřených hodnotách a v průbězích točivého momentu byly znatelné rozdíly. Vozidlo Peugeot přesahovalo v celém otáčkovém rozmezí hodnoty udávané výrobcem a v tomto rozmezí poskytovalo vyšší hodnoty točivého momentu (až + 12 Nm). Vozidlo Citroen však až do otáček 4000 min^{-1} poskytovalo nižší hodnoty točivého momentu, než udává výrobce a až do maximálních otáček je pouze mírně převyšovalo. Také tady je možné, že s přibývajícími najetými kilometry dojde ke změně momentové charakteristiky.

Měření byla prováděna vzhledem k časovým podmínkám v krátkých časových úsecích. Všechna 10 měření jednoho vozidla trvala přibližně jednu hodinu. I přes vybavení vzduchotechnikou přivádějící studený vzduch k vozidlu docházelo u některých vozidel k výraznému poklesu výkonu se stoupající teplotou motoru. V těchto případech bylo měření pozastaveno na dobu nezbytně nutnou k ochlazení motoru na nižší teplotu.

Při měřeních dochází také ke zvýšenému opotřebení pneumatik. Vzhledem k potřebě měření maximálních hodnot poskytovaných motorem je motor plně zatížen, což vede ke zvýšené spotřebě paliva. Při jedné zkoušce najede vozidlo na válcích dynamometru přibližně 3 km.

V dnešní době musejí výkony motorů odpovídat emisním normám a požadavkům na spotřebu paliva. Výrobce motoru tedy musí motor nastavit tak, aby tyto podmínky splnil. Z výsledků měření je patrné, že vozidla většinou splňovala výkonové parametry a ve většině případů je i mírně převyšovala. Všechna vozidla měla vzhledem k teoretické životnosti najeto nízký počet kilometrů, což se mohlo podílet na naměřených rozdílech hodnot. Výrobce může nastavit mírně vyšší výkon motoru, než udává. Důvodem může být dodržení rychlostních charakteristik motoru v celém období jeho používání.

7 Zdroje

Návod k obsluze, Válcová zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000,
MAHA Consulting s.r.o., 1. vydání, 1996, 64 s

Návod k obsluze, Otáčkoměr RPM VC2, Maha Consulting s.r.o. 3. vydání, 2002, 7s

KOLEK, R. Ověření dynamických a statických charakteristik automobilů:
diplomová práce. Ostrava: VŠB – TUO Fakulta strojní, 2010, 103s., 3 přílohy

MAŤEJKA, R. Vozidla silniční dopravy I. Bratislava: Alfa Bratislava, 1990.
ISBN 80-05-00392-7

MAŤEJKA, R. Vozidla silniční dopravy II. Bratislava: Alfa Bratislava, 1990.
ISBN 80-05-00392-7

SVOBODA, J. Teorie dopravních prostředků, Praha: ČVUT Praha, 2000,
ISBN 80-01-01613-7

[1] VLK, F. Dynamika motorových vozidel. Brno: Nakladatelství
a zasilatelství VLK, 1.vydání, 2000, 433 s., ISBN 80-238-5273-6.

[2] FAMFULÍK, J.: Osobní sdělení. VŠB – TU Ostrava [cit. 2011-05-19]

8 Přílohy

Příloha A:

Hodnoty točivého momentu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky

Hodnoty výkonu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky

(pro všechna vozidla v tištěné formě)

Příloha B:

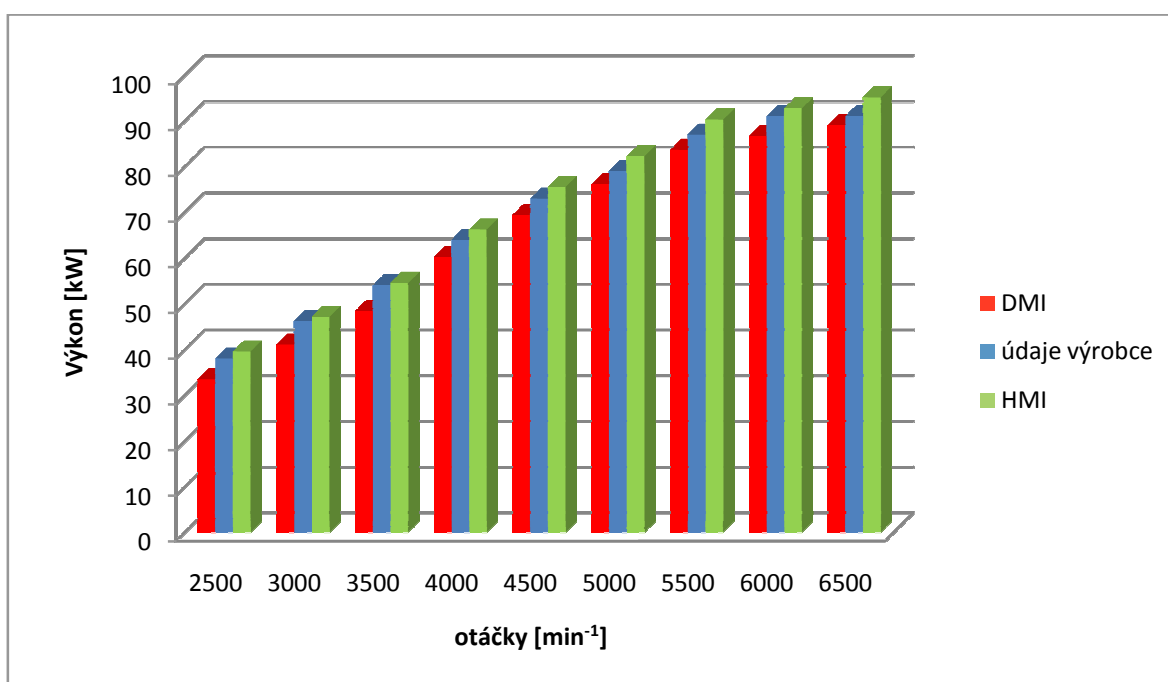
Seznam tabulek s výpočty přiložených na CD

Příloha C:

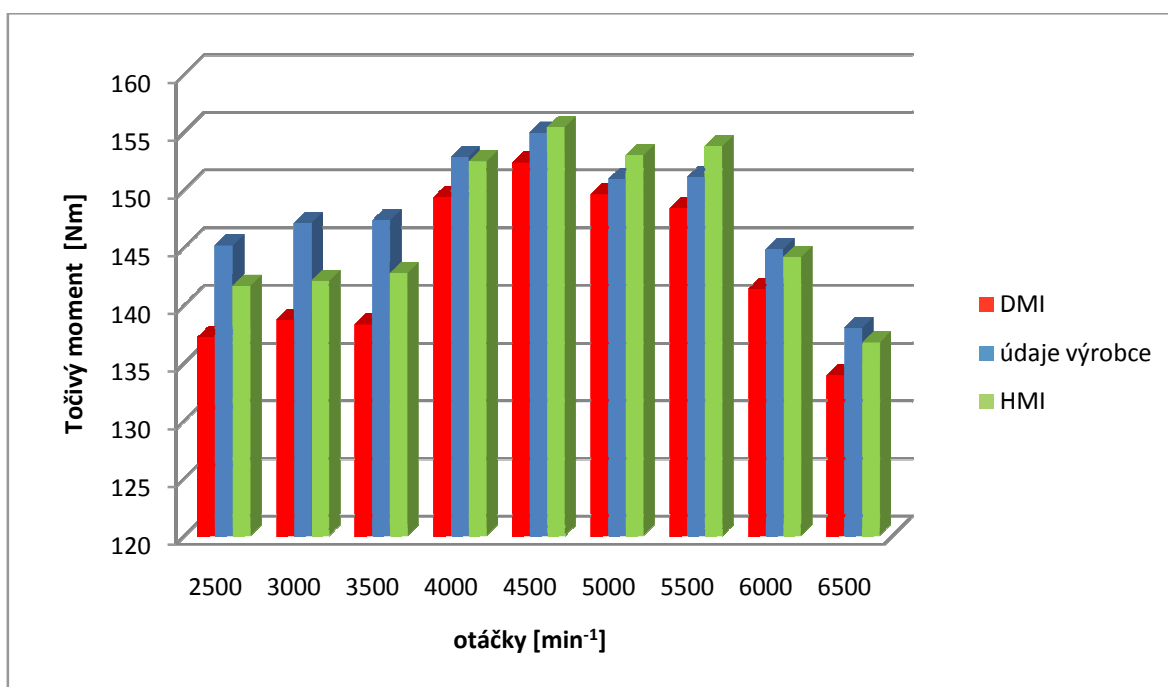
Protokoly z měření na válcové zkušební stanici funkcí a výkonu MAHA LPS 2000

(pouze v tištěné formě)

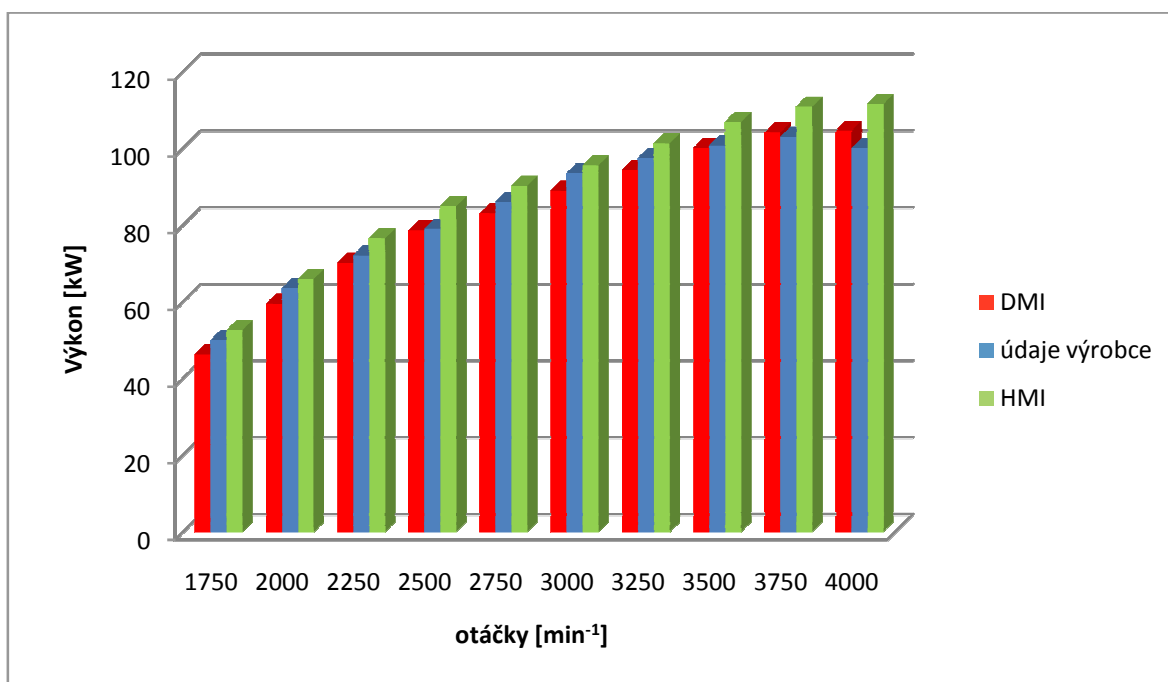
Příloha A:



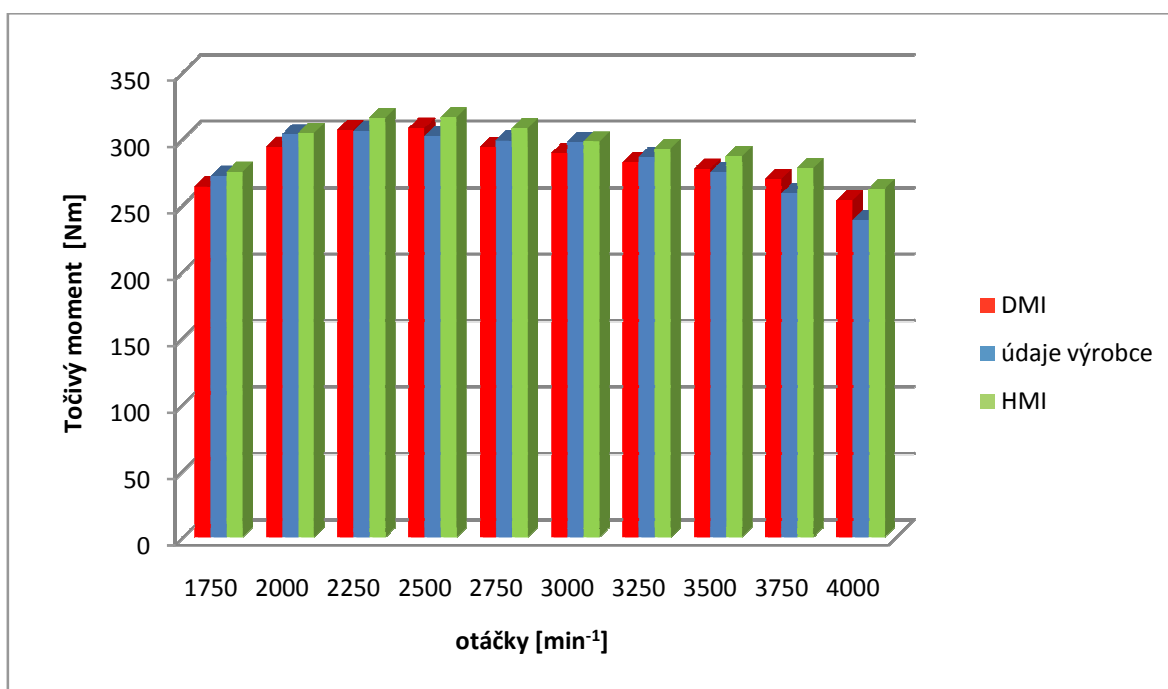
Obr. 5.2.5: Hodnoty výkonu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Hyundai i30 1.6CVVT (2)



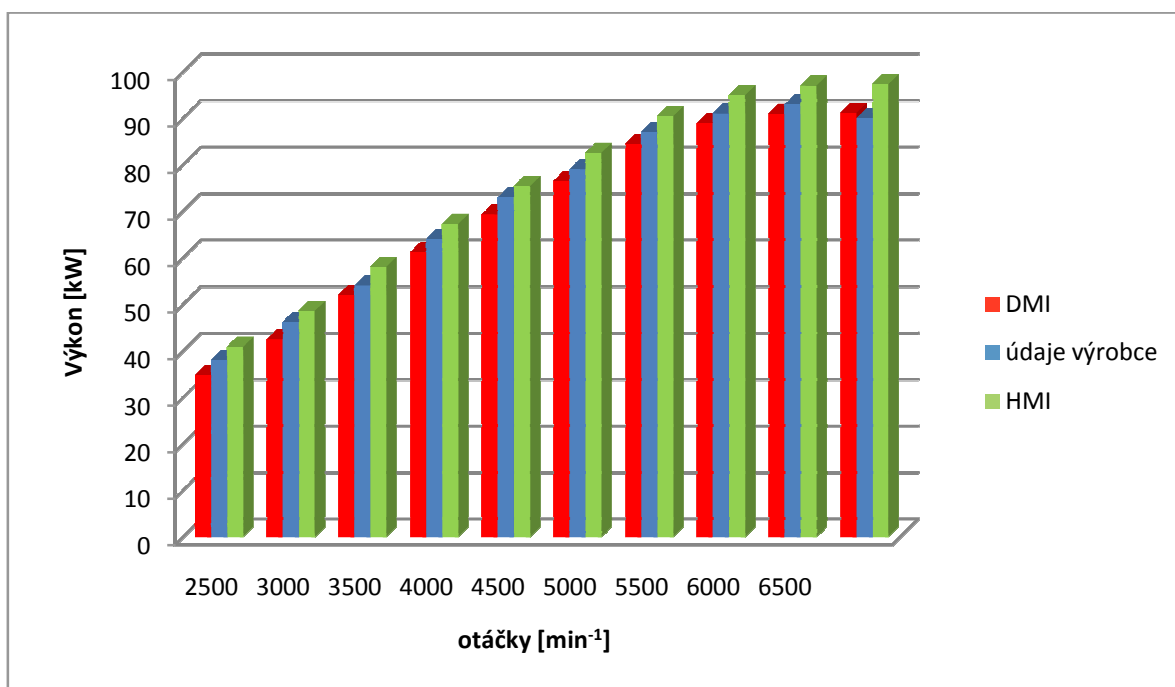
Obr. 5.2.7: Hodnoty točivého momentu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Hyundai i30 1.6CVVT
(2)



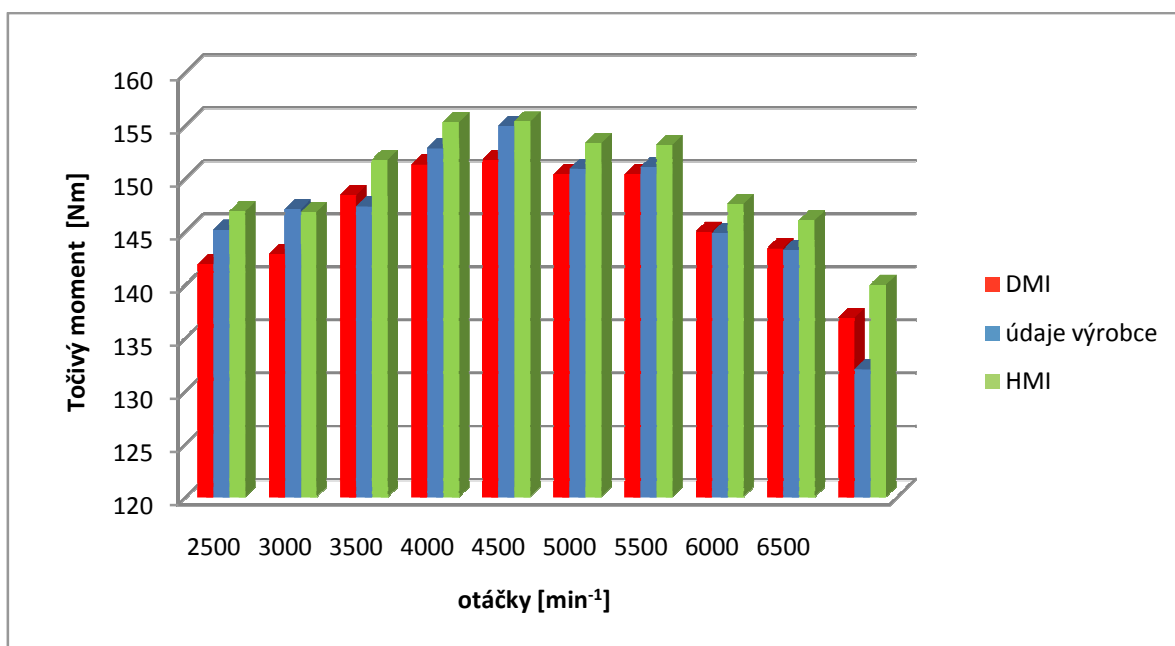
Obr. 5.3.5: Hodnoty výkonu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Hyundai i30 2.0CRDi



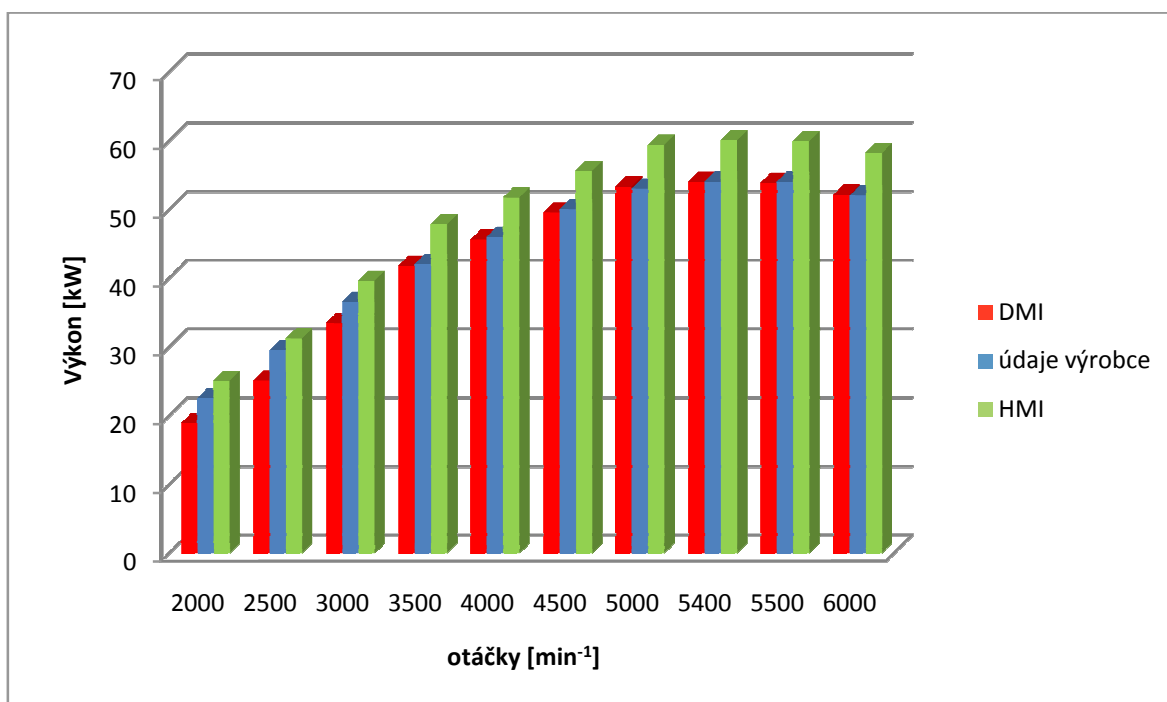
Obr. 5.3.7: Hodnoty točivého momentu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Hyundai i30 2.0CRDi



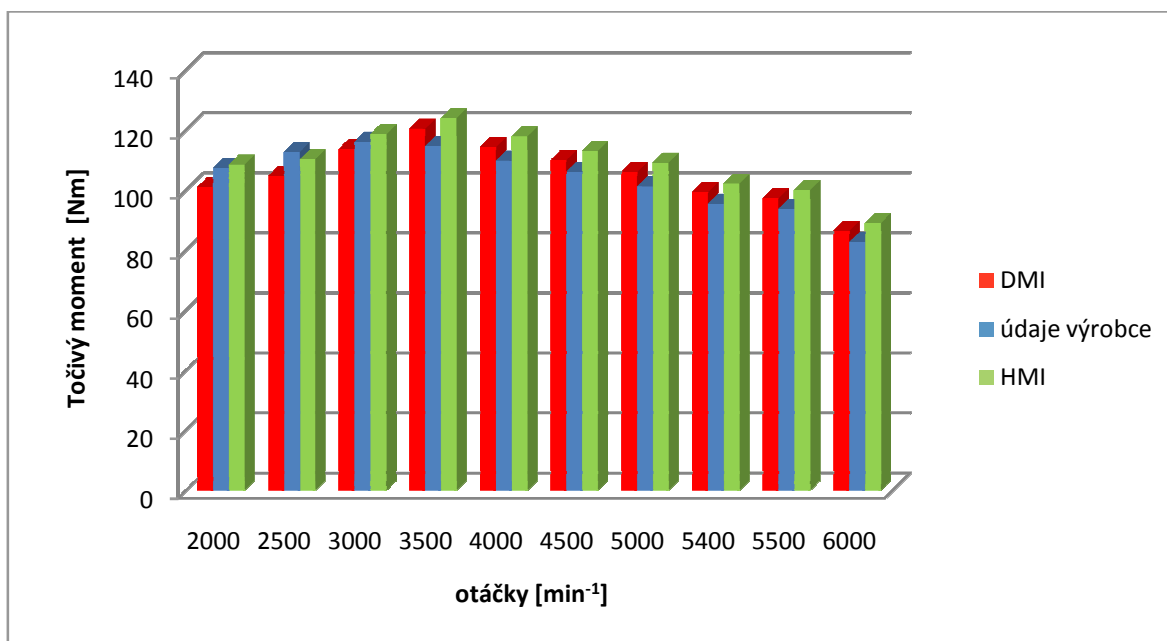
Obr. 5.4.5: Hodnoty výkonu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Kia Venga 1.6 CVVT



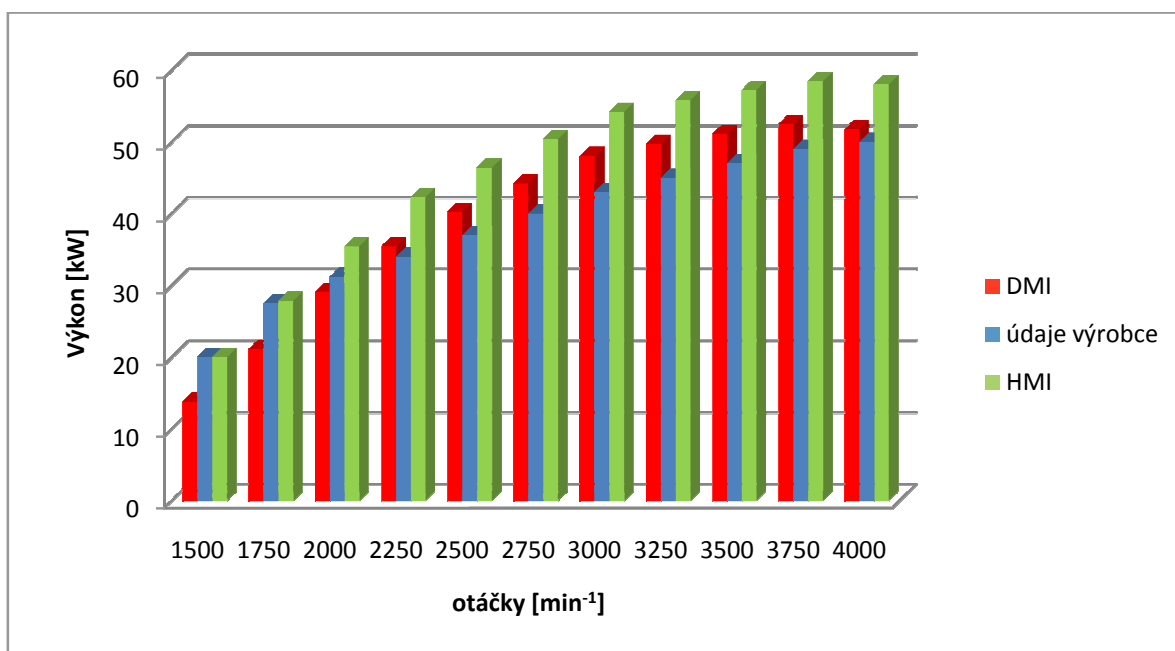
Obr. 5.4.7: Hodnoty točivého momentu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Kia Venga 1.6 CVVT



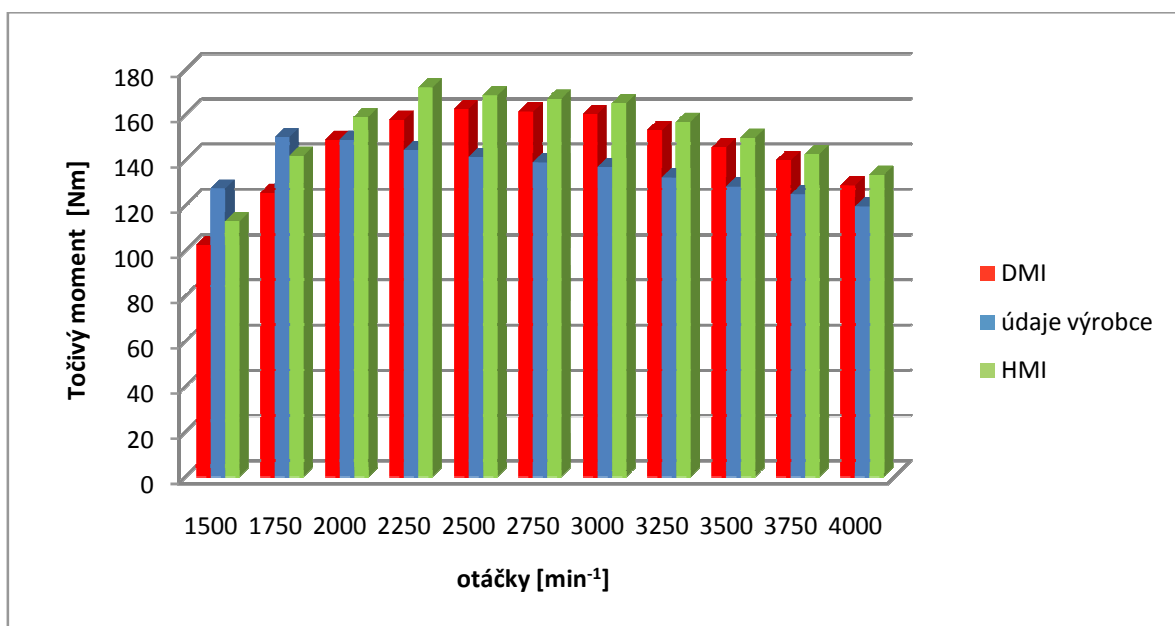
Obr. 5.5.5: Hodnoty výkonu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Peugeot 207 1.4 8V



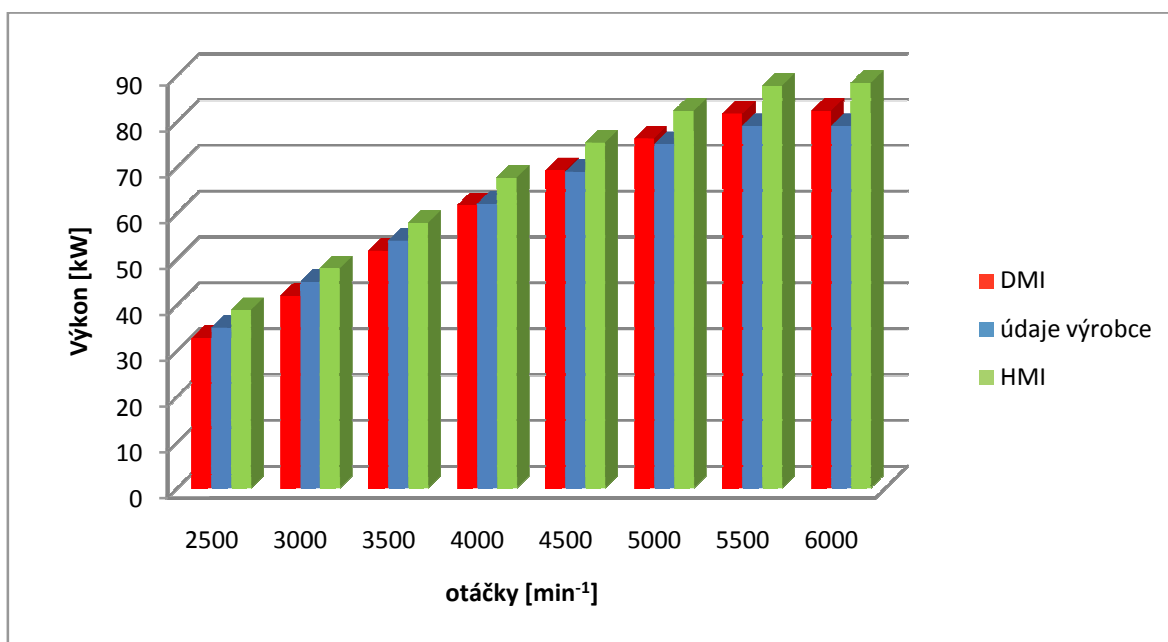
Obr. 5.5.7: Hodnoty točivého momentu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Peugeot 207 1.4 8V



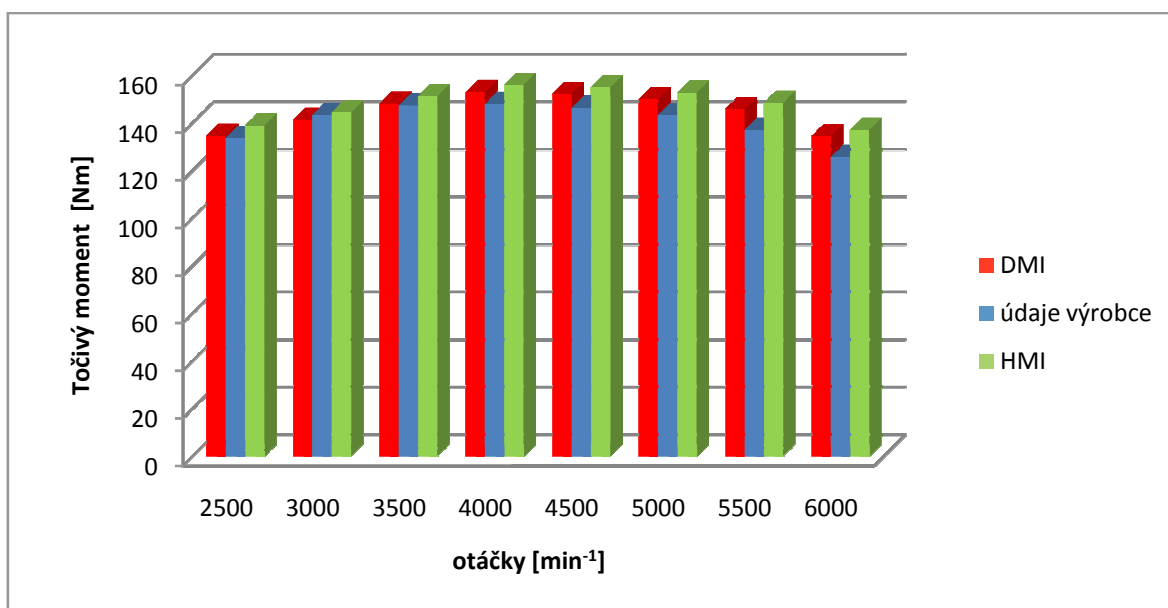
Obr. 5.6.5: Hodnoty výkonu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Peugeot 207 1.4 HDI



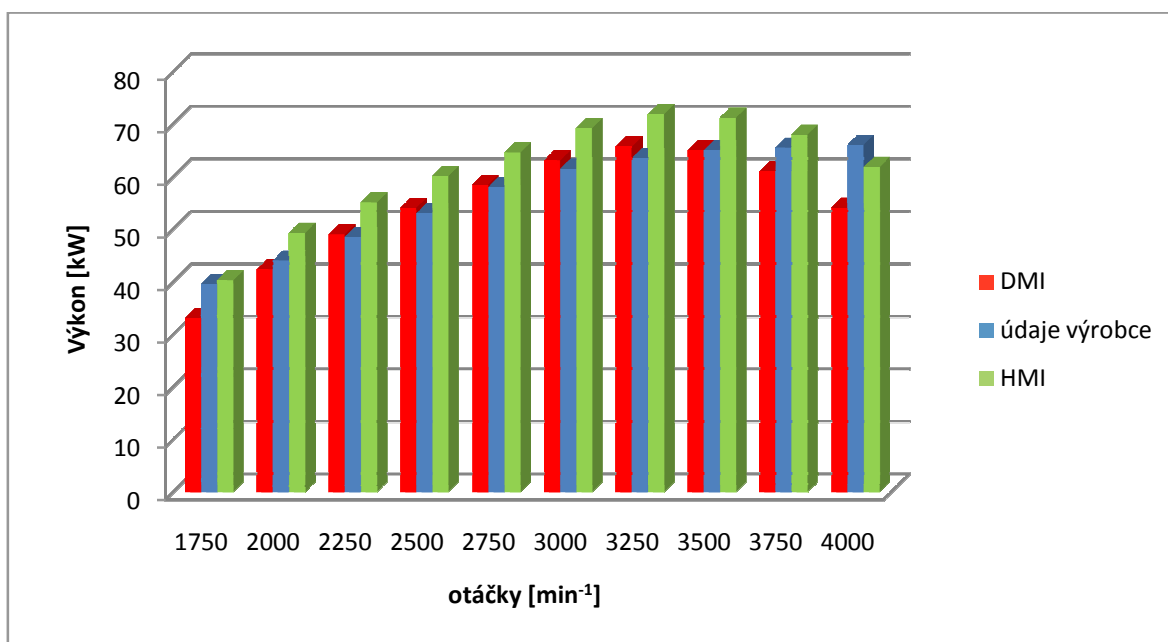
Obr. 5.6.7: Hodnoty točivého momentu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Peugeot 207 1.4 HDI



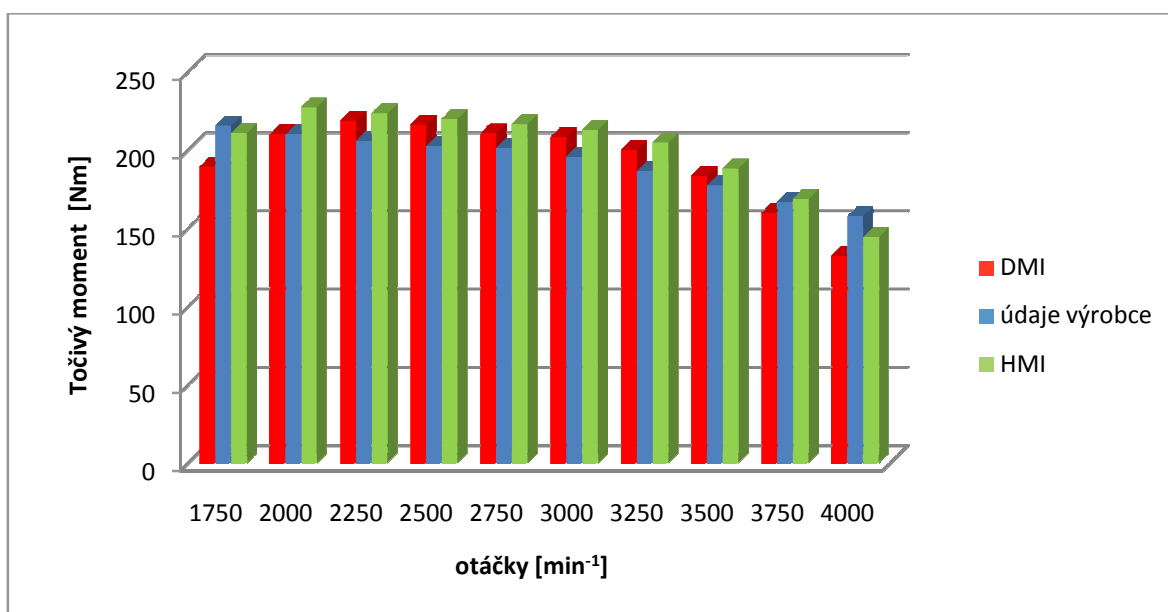
Obr. 5.7.5: Hodnoty výkonu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Peugeot 307 1.6 16V



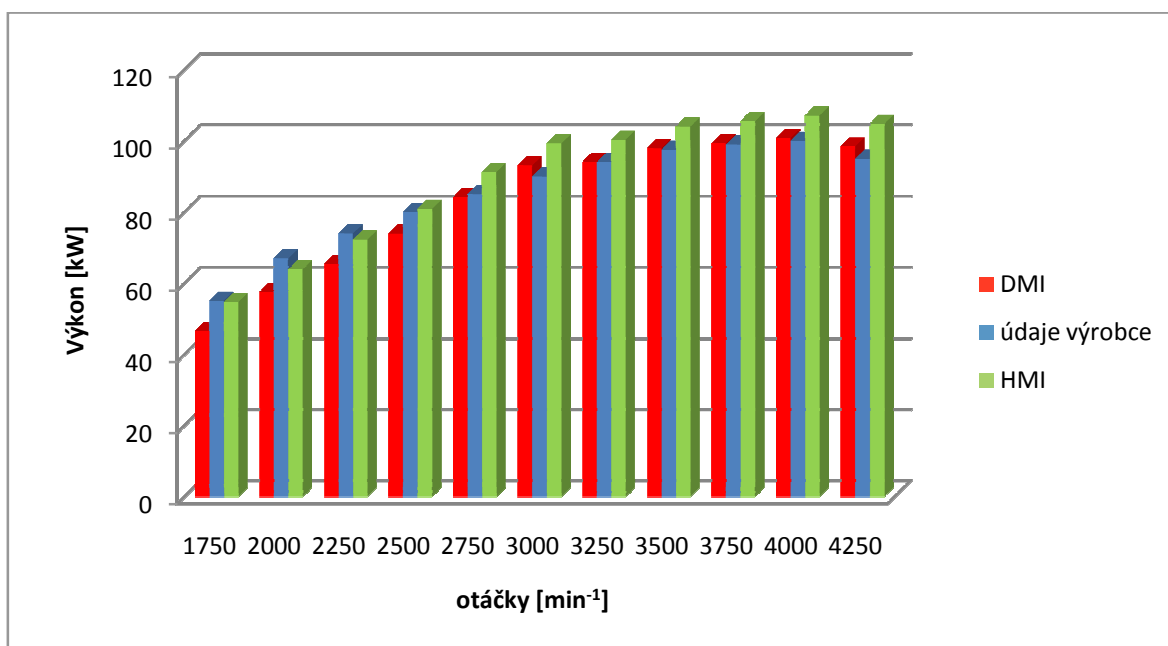
Obr. 5.7.7: Hodnoty točivého momentu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Peugeot 307 1.6 16V



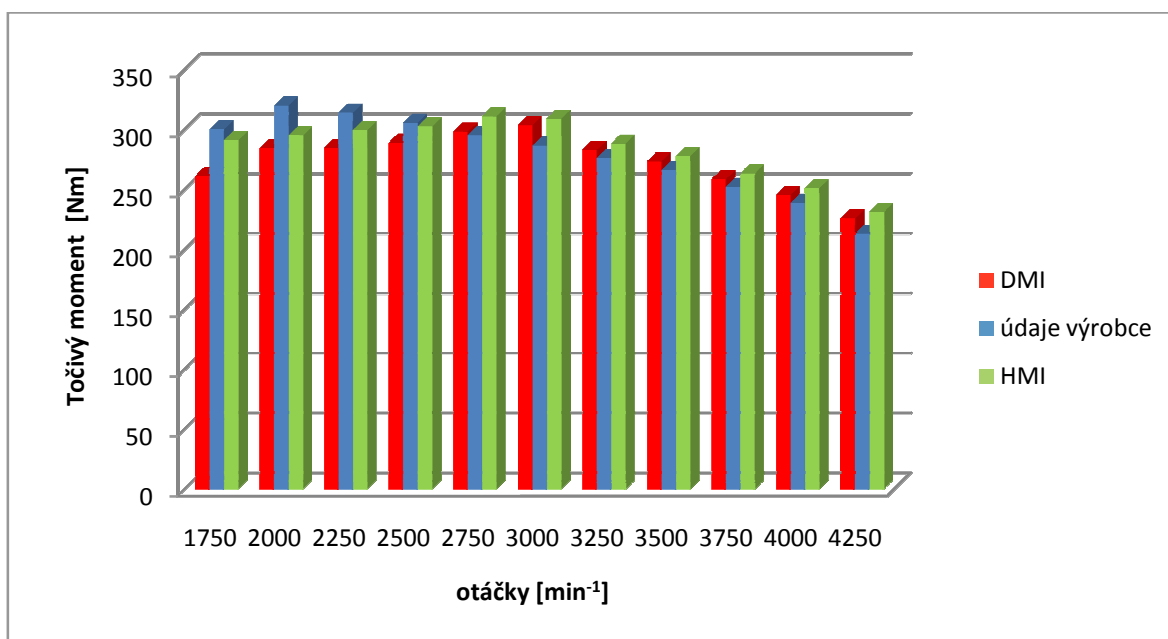
Obr. 5.8.5: Hodnoty výkonu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Peugeot 307 SW 1.6HDI



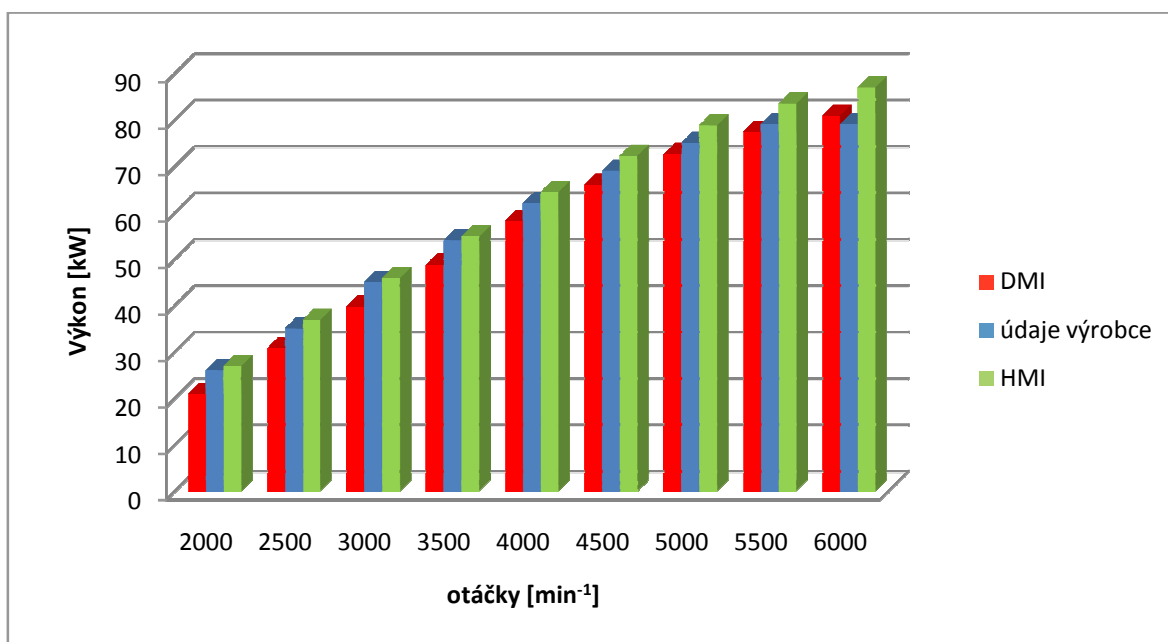
Obr. 5.8.7: Hodnoty točivého momentu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Peugeot 307 SW 1.6HDI



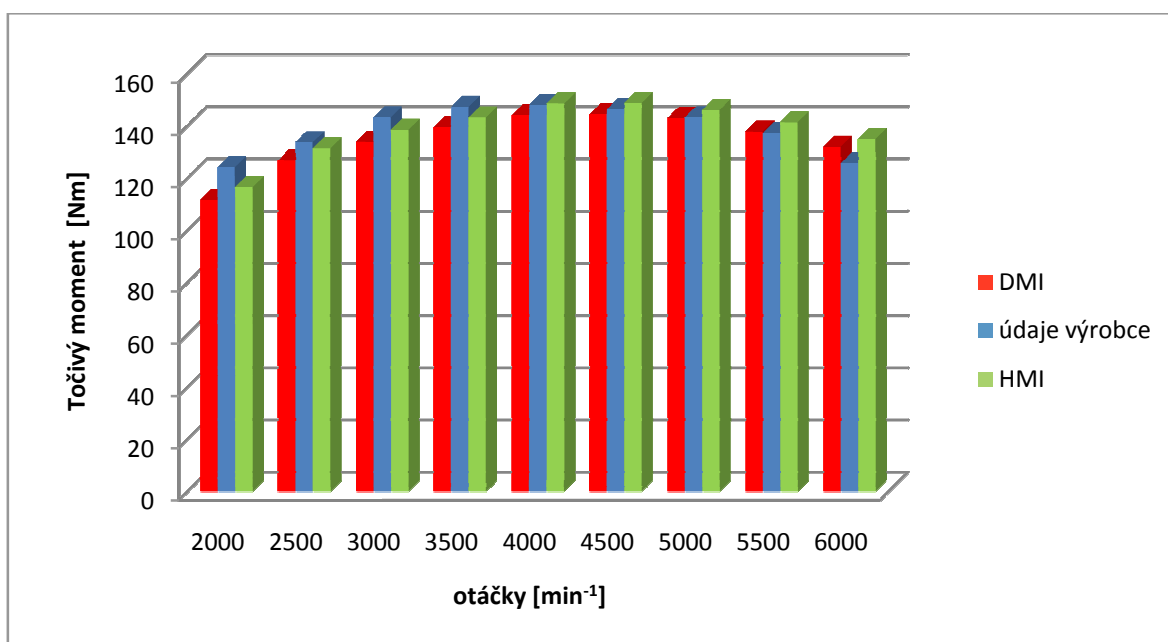
Obr. 5.9.5: Hodnoty výkonu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Peugeot 807 2.0HDI



Obr. 5.9.7: Hodnoty točivého momentu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Peugeot 807 2.0HDI



Obr. 5.10.5: Hodnoty výkonu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Citroen C4 1.6 16V



Obr. 5.10.7: Hodnoty točivého momentu HMI, DMI a výrobce pro dané otáčky Citroen C4 1.6 16V

Příloha B: Seznam tabulek na CD

Tab. 5.1.2: Naměřené hodnoty Hyundai i30 1.6CVVT

Tab. 5.1.5: Odečtené hodnoty výkonu motoru z jednotlivých měření (kW)

Tab. 5.1.6: Vypočtené hodnoty pro průběh výkonu (kW)

Tab. 5.1.7: Odečtené hodnoty točivého momentu z jednotlivých měření (Nm)

Tab. 5.1.8: Vypočtené hodnoty pro průběh točivého momentu (Nm)

Tab. 5.2.2: Naměřené hodnoty Hyundai i30 1.6CVVT (2)

Tab. 5.2.5: Odečtené hodnoty výkonu motoru z jednotlivých měření (kW)

Tab. 5.2.6: Vypočtené hodnoty pro průběh výkonu (kW)

Tab. 5.2.7: Odečtené hodnoty točivého momentu z jednotlivých měření (Nm)

Tab. 5.2.8: Vypočtené hodnoty pro průběh točivého momentu (Nm)

Tab. 5.3.2: Naměřené hodnoty Hyundai i30 2.0CRDi

Tab. 5.3.5: Odečtené hodnoty výkonu motoru z jednotlivých měření (kW)

Tab. 5.3.6: Vypočtené hodnoty pro průběh výkonu (kW)

Tab. 5.3.7: Odečtené hodnoty točivého momentu z jednotlivých měření (Nm)

Tab. 5.3.8: Vypočtené hodnoty pro průběh točivého momentu (Nm)

Tab. 5.4.2: Naměřené hodnoty Kia Venga 1.6 CVVT

Tab. 5.4.5: Odečtené hodnoty výkonu motoru z jednotlivých měření (kW)

Tab. 5.4.6: Vypočtené hodnoty pro průběh výkonu (kW)

Tab. 5.4.7: Odečtené hodnoty točivého momentu z jednotlivých měření (Nm)

Tab. 5.4.8: Vypočtené hodnoty pro průběh točivého momentu (Nm)

Tab. 5.5.2: Naměřené hodnoty Peugeot 207 1.4 8V

Tab. 5.5.5: Odečtené hodnoty výkonu motoru z jednotlivých měření (kW)

Tab. 5.5.6: Vypočtené hodnoty pro průběh výkonu (kW)

Tab. 5.5.7: Odečtené hodnoty točivého momentu z jednotlivých měření (Nm)

Tab. 5.5.8: Vypočtené hodnoty pro průběh točivého momentu (Nm)

Tab. 5.6.2: Naměřené hodnoty Peugeot 207 1.4 HDI

Tab. 5.6.5: Odečtené hodnoty výkonu motoru z jednotlivých měření (kW)

Tab. 5.6.6: Vypočtené hodnoty pro průběh výkonu (kW)

Tab. 5.6.7: Odečtené hodnoty točivého momentu z jednotlivých měření (Nm)

Tab. 5.6.8: Vypočtené hodnoty pro průběh točivého momentu (Nm)

Tab. 5.7.2: Naměřené hodnoty Peugeot 307 1.6 16V

Tab. 5.7.5: Odečtené hodnoty výkonu motoru z jednotlivých měření (kW)

Tab. 5.7.6: Vypočtené hodnoty pro průběh výkonu (kW)

Tab. 5.7.7: Odečtené hodnoty točivého momentu z jednotlivých měření (Nm)

Tab. 5.7.8: Vypočtené hodnoty pro průběh točivého momentu (Nm)

Tab. 5.8.2: Naměřené hodnoty Peugeot 307 SW 1.6HDI

Tab. 5.8.5: Odečtené hodnoty výkonu motoru z jednotlivých měření (kW)

Tab. 5.8.6: Vypočtené hodnoty pro průběh výkonu (kW)

Tab. 5.8.7: Odečtené hodnoty točivého momentu z jednotlivých měření (Nm)

Tab. 5.8.8: Vypočtené hodnoty pro průběh točivého momentu (Nm)

Tab. 5.9.2: Naměřené hodnoty Peugeot 807 2.0HDI

Tab. 5.9.5: Odečtené hodnoty výkonu motoru z jednotlivých měření (kW)

Tab. 5.9.6: Vypočtené hodnoty pro průběh výkonu (kW)

Tab. 5.9.7: Odečtené hodnoty točivého momentu z jednotlivých měření (Nm)

Tab. 5.9.8: Vypočtené hodnoty pro průběh točivého momentu (Nm)

Tab. 5.10.2: Naměřené hodnoty Citroen C4 1.6 16V

Tab. 5.10.5: Odečtené hodnoty výkonu motoru z jednotlivých měření (kW)

Tab. 5.10.6: Vypočtené hodnoty pro průběh výkonu (kW)

Tab. 5.10.7: Odečtené hodnoty točivého momentu z jednotlivých měření (Nm)

Tab. 5.10.8: Vypočtené hodnoty pro průběh točivého momentu (Nm)

